



煉油短期訓練班用書

煉油廠機械

上 冊

天津、哈爾濱石油學校編

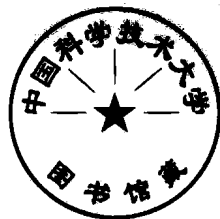
石油工業出版社

煉油短期訓練班用書

煉油厂机械

上册

天津、哈尔滨石油学校編



石油工业出版社

內 容 提 要

煉油厂机械这本书是煉厂机械短期訓練班煉厂机械課程的教材。全書共十一章，分上下兩册出版。上册包括五章，詳細敘述了煉厂机械和設備所用的材料的特性，設備的計算，油罐的分类、計算及用途，各种管件的使用及作用，以及煉厂中各种塔及其部件的計算。

本書還可供煉油厂和化工厂的工程技術人員參考。

統一書号：15037·554

煉油厂机械

上 册

天津、哈爾濱石油学校編

石油工業出版社出版（地址：北京六國試石油工業部內）

北京市書刊出版登記證出字第083号

石油工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本 * 印張4 $\frac{1}{2}$ * 96千字 * 印1—3,000册

1959年2月北京第1版第1次印刷

定价(10)0.67元

前 言

为了适应石油工業的發展和加速培养干部，石油工業部指定撫順石油学校組織各校教师为机械專業短期訓練班編写这本講义。因時間較短及編写人員在实际經驗方面、理論方面及教学水平各方面所限，因此在講义內容中难免存在缺点和錯誤。尤其目前中小型厂發展很快，而这方面的材料又極缺乏，因此在設備的材料選擇、結構及計算方法上未能充分反映中小型厂的特点。所以希望各校在使用本講义时应結合中小型厂發展情况加以补充和修正，并希望各地讀者及有关工程技术人員提出宝贵意見和供給实际經驗及有关資料，作为进一步修改时的参考。

目 录

前言

緒論

第一章 石油厂机器设备的主要材料 2

第一节 石油厂及设备机器工作条件的特征 2

第二节 石油厂机器设备所用材料的特性 7

第三节 如何选择材料 22

第二章 设备部件的计算 24

第一节 薄壁壳体的基本概念 24

第二节 内压薄壁圆筒的计算 25

第三节 圆筒设备的头盖和底盖 30

第四节 器壁开孔加强 39

第五节 受外压作用的钢制圆筒的计算 43

第六节 厚壁受压容器 51

第七节 铸铁受压容器的计算 52

第三章 储罐 53

第一节 储罐的应用及其分类 53

第二节 圆柱形金属立罐 56

第三节 油罐的附属设备 65

第四节 卧式油罐 74

第五节 钢筋混凝土油池 75

第六节 储气罐 78

第七节 防止油品损耗的措施 81

第四章 管线及管件 83

第一节 管线材料 84

第二节 管的连接, 管件及阀门 89

第三节 管线的热延伸及其补偿 99

第五章 塔設備	105
第一节 概述	105
第二节 泡帽塔	105
第三节 篩板塔	112
第四节 填料塔	113
第五节 無填料塔	116
第六节 塔的支座	118
第七节 直立設備的風載荷計算	120

緒 論

石油工業是國民經濟中的重要部門之一，是社會主義建設事業的重要組成部分。

石油和它的產品廣泛的應用於各部門，如工業、農業、交通運輸業等，並且在鞏固國防方面有着重大的意義和作用。

石油也是化學工業的原料主要來源之一。由石油中可以得到各種產品如燃料，染料，塑料，潤滑劑，防腐劑，殺蟲劑以及其他各種有機合成的原料，並且也能得到其他各種日常生活方面使用的產品。

在目前由於工農業生產及其他各項社會主義事業的大躍進形勢，對石油的需要更提出了迫切的要求，必須在最短時期內高速發展，以適應和滿足社會主義建設對石油的需要。

在解放後石油工業有了很大的發展。1949年全國產石油僅12萬噸，而在1957年即達到了145萬噸。在全國進行了大規模的石油勘探工作，開發了玉門，克拉瑪依等油田，還發現了柴達木，四川中部等三十多個油田；最近又在遼平，黑龍江各處發現很多油母頁岩，並在各省發現了很多石油資源，此外我們國家還有着豐富的煤藏量，也是發展人造石油的重要來源之一。

自從黨提出社會主義建設總路綫以後，明確了發展石油工業的道路，克服“獨家辦石油”和“好大喜新”的辦法，貫徹了黨所指出的“中央與地方工業同時並舉”，“天然石油與人造石油同時並進”，“全黨全民辦石油”的方針和指示，為了加速石油工業的發展，全國各地都在興辦石油工廠，大中小型相結合，因地制宜，並且採取近代技術和簡易方法相結合的措施。因此在最近幾年內石油工業即將在全國各地遍地開花。

石油工業有着美好的前途，我們有党的堅強領導，有着豐富的物質資源，我們要為在 1962 年生產數千萬噸的原油而努力，要實現一人一噸油的規劃而貢獻我們的力量。

第一章 石油廠機器設備的主要材料

根據工藝上的要求，正確選擇材料，保證設備經濟、安全地運行，這是機械人員的主要任務之一。這一章的任務，就是介紹一下煉廠設備的工作特徵，材料特性，如何根據這些工作特徵去選擇材料。

第一節 石油廠及設備機器工作條件的特徵

石油煉廠中有一部分機器和設備是在較高溫度(200°C 以上)和較高壓力下工作的；一部分設備內的工作介質帶有腐蝕性，會使設備受到腐蝕；有時二者兼有；設備在這樣情況下，有什麼特徵呢？

一、當溫度升高時金屬機械性能發生變化

1. 隨着溫度的升高，一般金屬的強度(σ_b, σ_s)都要降低，可塑性(δ, φ)却要提高。以炭素鋼為例，當溫度升高時其機械性的變化如圖 1-1 所示。

碳鋼之彈性模數 E ， G 和波桑系數 μ 隨溫度變化之曲線如圖 1-2 所示。

下面把常用的一些鋼材極限強度 σ_b 和慣用的屈服點 σ_s 的數值列在下面表 1-1。

從這些圖表里得出結論：選擇材料以及高溫設備的強度計算時必須考慮到溫度影響。例如，A93 鋼在 250°C 下工作時 $\sigma_T^{250^\circ} =$

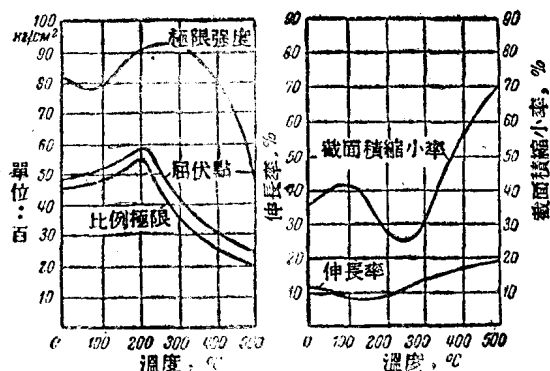


圖 1-1 当温度升高时炭素鋼机械性能变化曲綫
 σ_b ——受拉强度極限，公斤/公厘²；
 $\sigma_{0.2}$ —— $t^\circ\text{C}$ 时受拉屈服点，公斤/公厘²；
 δ ——受拉时伸長率，%；
 γ ——受拉时截面積收縮率，%。

[公斤/公厘²]

表 1-1

金屬壁溫 計算性		碳				鋼				鉅鋼和鉅鉻鋼		
$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	能数值	文尤 ²	10	文尤 ³	15	文尤 ⁴	20	25	30	$\frac{15\Pi}{20\Pi}$	12力Π	15力Π4
20	δ_B δ_T <											

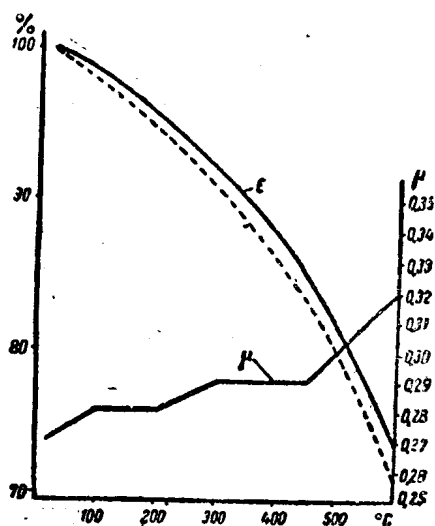


圖 1-2

17.0 公斤/公厘²，而不是 $\delta_r = 38$ 公斤/公厘²。

2. 金屬的蠕變。金屬或合金在一定溫度，一定應力下產生緩變而連續的變形叫做蠕變。在一定應力下，蠕變速度隨着溫度升高而劇烈地增加。碳素鋼的破壞可能在變形量達到 6—9% 時發生，而鉻鉬鋼在 2—5% 時可能破壞。因此，400°C 以上承受載荷部件的強度計算及材料選擇，必須考

(公斤/公厘²)

表 1-2

壁 溫 °C	碳 鋼					鉻鋼和鉻鉬鋼		
	10	15	20	25	30	15Π 20Π	12力Π	15力Π4
400	8.0	9.0	9.8	10.5	11.2	—	—	—
410	7.3	8.1	8.8	9.5	10.0	—	—	—
420	6.6	7.3	7.9	8.5	8.9	—	—	—
430	5.9	6.5	7.1	7.5	8.4	—	—	—
440	5.2	5.8	6.3	6.7	6.9	—	—	—
450	4.6	5.2	5.6	5.9	6.0	12.0	14.5	15.5
460	4.1	4.6	4.9	5.1	5.2	10.8	13.2	14.1
470	3.6	4.1	4.3	4.5	4.5	9.6	12.0	12.7
480	3.2	3.7	3.8	3.9	3.9	8.5	10.8	11.4
490	2.8	3.3	3.35	3.35	3.35	7.6	9.6	10.1
500	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	6.6	8.4	9.0

慮到蠕變現象。例如475—500°C蠕變極限特別小，不宜選用炭素鋼；400°C以上部件強度計算應以蠕變極限(σ_n)作標準的。所謂蠕變極限就是在这种應力下，蠕變速度等於已定的速度，能保證設備可靠工作的允許應力值。一般蠕變速度允許值為 10^{-7} 公厘/公厘小時，即相當於100,000小時變形1%。

下面把計算的慣用蠕變極限(σ_n)列在下面表1-2。

二、腐蝕

金屬或其合金與外部介質發生化學作用或電化作用而引起的破壞叫做腐蝕。腐蝕有兩種：化學腐蝕及電化腐蝕。

化學腐蝕：乾燥的氣體或非電解質溶液對金屬的腐蝕作用稱為化學腐蝕。

電化腐蝕：電解質溶液對金屬的腐蝕作用稱為電化腐蝕，電化腐蝕時有局部電流產生。

金屬的破壞多半是電化腐蝕的作用結果。

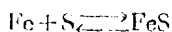
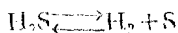
現將石油廠中常見的腐蝕情況及防護方法分述如下：

1. 沉浸式冷卻器金屬制底板，地下管綫，油罐底等的電化腐蝕：這種情況可採用陰極防護方法防止腐蝕。它的原理是在設備的腐蝕介質中插入陽極並與外面的直流電流陽極連接，設備與電源陰極連接造成一個人工電路。因為它比原電池電位差高得多，使得原電池陰陽極均成為人工電路中的陽極，因此原來被腐蝕的設備得到保護。

2. 硫及硫化物：硫，硫醇及有機硫化物溶於石油產品中所成的無水溶液，在常溫下對炭素鋼是不腐蝕的。溶於無水石油中的硫化氫，在常溫也是不腐蝕的。但只要有很微量的水存在，則腐蝕就會大大增加，溫度升高從20°—100°C，則硫化物的腐蝕作用也增高。溫度升高時腐蝕性最嚴重的是硫，硫化氫及硫醇。高分子的硫化物腐蝕性很弱，但在高溫下進行熱分解時則有腐蝕

性。

干燥的硫化氢气体在室温下对碳钢不腐蚀，在有水存在及较高温度时硫化氢进行热分解。腐蚀进行的方式如下：



在 300°C 以上腐蚀速度剧增。但在 250°C 以下还可以用碳钢。

需要注意，含硫石油的腐蚀性并不完全决定于硫的总含量，而要看这些硫化物在高温下的稳定性，以及是否有水。在腐蚀情况下，就必须选用耐腐蚀的铸铁或合金钢，采用代用材料或其他措施。

3. 氯化氢：浓度很低的盐酸，对钢和生铁也腐蚀。高硅生铁在冷盐酸中则稳定，但在沸盐酸中就被腐蚀了。锡青铜有很好的耐蚀性，铝青铜可以在更高的浓盐酸中使用。

在常温下干的氯化氢实际上对钢和生铁并不侵蚀。温度增加，氯化氢的腐蚀性也可强。

4. 硫化氢与氯化氢同时存在时：这种情况下腐蚀大大加强。因为硫的腐蚀，铁上生一层硫化铁的薄膜，而 FeS 又被氯化氢破坏，一方面生成溶于水的氯化铁，一方面生成 H_2S ：



在这种情况下要选择合适材料来防止腐蚀比较困难，应该同时采取工艺性的保护方法。

5. 硫酸：20% 以上的浓硫酸具有氧化性，在普通碳钢或生铁表面产生一层薄膜，如保薄膜不受机械破坏的话，可以保护金属不再腐蚀。

但是低浓度的硫酸无氧化性，对钢铁腐蚀猛烈，常用铅作襯里防腐，也可以采用塑料及橡胶襯里。

6. 烧碱：在炼厂中大部分碱液处理用炭素钢或生铁，使用頗

久。

防止腐蝕的办法很多，这里只能簡單介紹一下。

1. 机械方法：采用金屬或非金屬材料来制造設備或保护設備。金屬材料如不銹鋼，高硅鑄鐵，抗氯合金等。非金屬材料如耐酸水泥，石棉，酚甲醛塑料，聚氯乙烯塑料，橡膠，耐酸陶瓷，木材等。

防止腐蝕的材料應該按照具体情况，考虑下列几个方面去選擇：

- (一) 化学稳定性；
- (二) 工作介質的不可渗透性；
- (三) 与被保护表面有着很好的联結性；
- (四) 热稳定性；
- (五) 机械强度；
- (六) 价格低廉。

2. 工艺方法：石油中同时含有硫化氫及氯化氫时可以采取脫水，去鹽，加碱等方法。

第二节 石油厂机器設備所用材料的特性

煉厂机器及設備的主要材料有生鉄及其合金、鋼及其合金，有色金屬及其合金，非金屬材料，現分述如下。

一、生鉄及其合金

这里講四种，即灰口鑄鉄，可鍛鑄鉄，球磨鑄鉄及合金鑄鉄。

1. 灰口鑄件。無塑性，冲击韌性(A_K)很小，約在0.1—0.4公斤—公尺/公分²之間，抗压强度最好，抗弯强度不好，抗拉强度最差，几乎只有抗压强度的 $\frac{1}{4}$ ，承受剪切載荷能力也差，澆鑄性好，可以鑄出各种复杂形狀的成品，耐磨，价格低廉，但不能

冲击和鍛造。

灰口鉄鑄件之机械性能

表 1-3

鑄鉄标号	抗拉强度極限		抗变强度極限		两个支点間挠度		抗压强度極限 公斤/公厘 ²
	公斤/公厘 ²	公斤/公厘 ²	600公厘	300公厘			
	不 少 于						
C4—00		未作試驗					
C412—28	12	28	6	2	50		
C415—32	15	32	8	2.5	65		
C418—36	18	36	8	2.5	70		
C421—40	21	40	9	3	75		
C424—44	24	44	9	3	85		
C428—48	28	48	9	3	100		
C432—52	32	52	9	3	110		

灰口鉄的应用范围

表 1-4

标 号	应 用 范 围
C4-00	形状簡單, 强度不大的鑄件: 支柱、支架、頂蓋、精餾塔的泡帽
C4 12-28	爐子配件: 烟道閘板, 擋板, 閘門閥, 小門, 对流室的外管板, 精餾塔的塔板
C4 15-32	低压侵入式冷凝器內鑄造的構件(管子, 迴弯头, 集合管和过渡接头)以及凝液排出閥, 橫杆式排出閥, 橫杆式安全閥, 填料塞形閥和 $P_j=10$ 公斤/公分 ² 和 $t \leq 200^\circ\text{C}$ 的其他閥件的閥体和活塞漲圈
C4 18-36	蒸汽泵的泵件, 缸套和活塞, 皮帶輪和減速器之壳体
C4 21-40	蒸汽泵缸套, 閘門閥, 节門閥和 $t \leq 200^\circ\text{C}$ 的其他閥件的閥体, 离心泵的叶輪, 柱塞泵缸套, 汽缸和滑閥, 管子和管子配件, 压縮机、內燃机和蒸汽机的机座
C424-44	在压力很大的情况下操作的泵和压縮机的重要鑄件
C428-48	
C432-52	

附註: 沒有找到国产的目录, 暫按苏联标准列出。C4—表示灰口鑄鉄, C4后第一数字代表受拉强度極限, 第二数字代表变曲强度極限。

2. 可鍛鑄鐵鑄件。可鍛鑄鐵是由白口鑄鐵經過熱處理得到的，成本較高。因熱處理方式不同，分為黑心鑄件及白心鑄件兩種。可鍛鑄鐵的機械強度，尤其是可塑性與灰口鑄鐵有顯著差別，沖擊韌性(A_K)也在 0.5—1.6 公斤—公尺/公分² 之間。

可鍛鑄鐵的機械性能及使用範圍

表 1-5

標 號	黑 心 鑄 鐵			白 心 鑄 鐵			應用範圍
	強度極限 不小於 公斤/公厘 ²	直徑為16公 厘之試件伸 長不小於%	勃立納 硬度 不小於	強度極限 不小於 公斤/公厘 ²	試樣伸 長不小於	勃立納 硬度 不小於	
K437-12	37	12	149	—	—	—	小尺寸($1\frac{1}{2}$ " 以下)活門、閘 門之軀體、各 種小尺寸之閘 件、彎頭、管 件等
K440-3	—	—	—	40	3	201	
K435-10	35	10	149	—	—	—	
K435-4	—	—	—	35	4	201	
K433-8	33	8	149	—	—	—	
K430-6	30	6	163	—	—	—	
K 30-3	—	—	—	30	3	201	

附註：K4——可鍛鑄鐵，第一個數字表示強度極限，第二個數字表示延伸率。

3. 改良鑄鐵及球墨鐵鑄件。改良鑄鐵機械强度高，沖擊韌性一般在 0.8—1.1 公斤/公尺/公分²。鑄造性好，機械加工性也

改良鑄鐵機械性能及使用範圍

表 1-6

標 號	抗拉極 限強度	抗彎極 性強度	下列支點間的 抗 度 公厘		抗壓強 度極限	布氏硬度	應 用 范 圍
			600	300			
MC4 28-48	28	48	6	3	90	170—241	离心泵葉輪，往復 泵缸，溫度 $t \leq 250^\circ\text{C}$ 及 P_y 達 50 公斤/公 分 ² 的泵體 溫度 $t \leq 250^\circ\text{C}$ 及 $P_y \leq 50$ 公斤/公分 ² 的离心泵。往復泵的 泵體和閥件的閥體， 以及壓縮機特別重要 之鑄件 特別堅固的和重要 的鑄件
MC4 32-52	32	52			100	170—241	
MC4 35-56	35	56			110	197—248	
MC4 38-60	38	60			120	197—268	

好，仅价格稍贵，还是可以推广使用的。

球墨鑄鉄 石墨成球狀，所以机械性能非常高，不但强度，韌性疲劳强度高，而且可能得到很高的塑性，承受相当大的变形而不破坏。

4 合金鑄鉄鑄件。在鑄鉄中加入矽鉬，称为抗氮合金，能抵抗腐蝕性很强的鹽酸。加入矽的高矽鑄鉄耐蝕性也高，价格也低廉。但二者机械性能及工艺性都低且較脆，不能承受剧烈的溫度变化，应用受到限制。

x

x

x

在压力下操作的非合金灰口鑄鉄(其鑄件中主要系純鉄基鉄)之使用溫度限于225—250°C，如果是珠光体結構，而且石墨很細

表 1-7

各种生鉄在置于 400°C 常压蒸汽中体积漲大及其强度变化

生鉄之种类	体积增加 %		抗張强度極限		
	22天	54天	原始情况	加热以后	
				22天	54天
灰口鉄 C 3.48% Si 2.02%	1.01	2.99	12.9	9.9	7.4
砂鉄 C 3.36% Si 6.82%	0.45	1.22	23.0	23.0	19.0
鉻鑄鉄 C 3.04% Si 1.39% Ni 0.96% Cr 0.33%	0.68	0.73	30.0	27.8	28.9
鑄鉄 C 2.89% Si 2.45% Ni 1.45%	—	0.36	32.9	38.3	38.6
Ni-Cu-Cr 生鉄 C 3.04% Ni 13.6% Cr 3.42% Cu 6.48%	—	0.23	16.8	19.3	19.9

小，可用于 300°C 以下，这是因为高温时灰口鉄金属組織發生了变化，体积漲大松散之故。但加入一些合金元素就能大大改善这种情况，由表 1-7 可以看出。

这些合金鑄鉄的合理选用可以代替一部分碳鋼，甚至可以代替一部份合金鋼，这对于促进石油工業的發展是很有利的。

灰口鑄鉄系非塑性材料，不允許有相当大的局部变形，选择 250°C 以下压力容器的許用应力，安全系数应为 6—8；受弯曲部件应为 4—6，用簡單的抗拉極限計算（在下章部件計算中还要講到的）。至于可鍛鑄鉄，改良鑄鉄，球磨鑄鉄等，在物理性能及强度方面大大改善，許用应力可以提高，但必須慎重处理。

用于建筑結構和支座的灰口鑄鉄許用应力表 表 1-8

应 力 狀 态	C4 12—28	C4 18—36
	C4 15—32	C4 21—40
中心綫压縮及弯曲时压縮公斤/公厘 ²	12	15
弯曲时拉伸	3.5	4.5
剪切	2.5	3.5
端面挤压	17	21
紧密接触下局部挤压	6	7.5

二、鋼及其合金

鋼是塑性材料，它的强度、韌性、承受載荷的能力，以及鑄、鍛、軋、焊、切削性能都好，而且鋼材的机械性能可以随成分和热处理方式不同，在很大範圍內改变，所以煉油厂中高温設備常用鋼制造。

1. 鑄鋼件。炭素鋼用于較高溫度F的主要鑄件有加热爐的迴弯头壳体，热油管綫上的閥件等，溫度不能超过 475°C 。

用于高温高压下的主要鑄件，例如迴弯头的壳体，应用优等