
中國工程師手冊

321.214 化學

潘承圻 陳同素

厚生出版社

2046

中國工程師手冊總目

A. 基本手冊

- | | |
|----------|------------|
| A-1 算表 | A-7 材料力學 |
| A-2 算學 | A-8 應用流體力學 |
| A-3 高等算學 | A-9 測量學 |
| A-4 物理 | A-10 工程地質 |
| A-5 化學 | A-11 工程契約 |
| A-6 應用力學 | A-12 換算表 |

B. 土木手冊

- | | |
|----------|-----------|
| B-1 工程材料 | B-11 隧道 |
| B-2 材料試驗 | B-12 土木機械 |
| B-3 結構力學 | B-13 道路 |
| B-4 土力學 | B-14 鐵路 |
| B-5 混凝土 | B-15 登山鐵路 |
| B-6 圬工 | B-16 高速鐵路 |
| B-7 鋼結構 | B-17 房屋 |
| B-8 木結構 | B-18 都市規劃 |
| B-9 土工 | B-19 航空站 |
| B-10 基礎 | |

C. 水利手冊

- | | |
|----------|-----------|
| C-1 水文 | C-6 渠工 |
| C-2 開壩工程 | C-7 發電水力 |
| C-3 灌溉工程 | C-8 海港 |
| C-4 排水工程 | C-9 給水工程 |
| C-5 河工 | C-10 陰溝工程 |

中國工程師手冊

基本手冊

(汪胡楨主編)

第五編 化學

(潘承圻, 陳同素)

目 錄

第一章	鍋爐用水	2
第二章	燃料	6
第三章	耐火材料	15
第四章	非鐵金屬	17
第五章	鋼鐵	32
第六章	腐蝕	37
第七章	建築石料, 沙, 石灰, 水泥, 陶土	40
第八章	油漆	50
第九章	滑潤油	56
第十章	橡膠及絕緣體	59

厚 實 出 版 社

第五編 化學

第一章 鍋爐用水

1. 天然水中之雜質 雨水雖係天然水中之最純淨者，然仍有雜質之存在，如有機性及礦物性之固體物等是也。地土中之水則溶解土壤及石礫中之物質，深水尤甚。又花崗岩，沙石等地層中之水所含溶解性雜質較之石灰層中者為少；岩石層中之水較土壤層中者為純淨。除溶解雜質外，水中每多懸浮雜質，如砂，土，有機物等。此種雜質在淺水層含之尤多，如河水等是。

2. 硬水 水中含有鈣，鎂，鐵之硫酸鹽及重碳酸鹽者曰硬水。普通，水中含有酸性物或消費肥皂之物質者，亦稱之曰硬水。此種硬水可分為二類：經煮沸後可以除去者曰暫時硬水；不能除去者曰永久硬水。前者以含有鈣，鎂之重碳酸鹽故，後者以含有鈣，鎂之硫酸鹽故。

3. 水之分析報告 水中有微量之雜質，即足以使鍋爐用水發生影響，例如不純淨之水中所含總固體量祇不過 0.03~0.04%，如以百分率計之，則水份為 99.97%，亦不足以言不純矣。故為明晰起見須改以較小之單位名即 P.P.M. (百萬份之一) 或每加侖格蘭數。

表 1 所列之等級，係按水中之暫時硬度而定，若欲化為永久硬度，則以 4 除表中之數字可也。

每加侖(美制)格蘭數化為 P.P.M. 則乘以 17.3；相反則乘以 0.0584。

4. 鍋爐內之積聚固體 當水化為蒸汽之時，水中附帶之溶解物質及懸浮物質漸漸沈積出來。良以蒸發時水溶液之濃度增高，溶解度減小，或經化學作用而發生不溶性物質。又重碳酸鹽加熱時放

表1 水之硬度等級表

等級	每加侖格蘭數	P.P.M.	百分率
超等	<8	<137	<0.0137
特等	12~15	206~256	0.0206~0.0256
優等	15~20	256~342	0.0256~0.0342
平等	20~30	342~513	0.0342~0.0513
劣等	>30	>513	>0.0513

出二氧化碳而變為不溶性之碳酸鹽：



表2 示溫度與二氧化碳對於鈣鎂碳酸鹽溶解度(P. P. M.)之影響：

表2 溫度與二氧化碳對於鹽類溶解度之影響

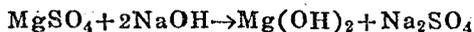
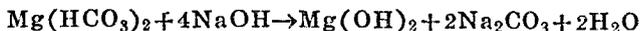
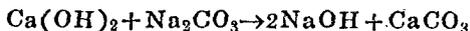
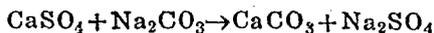
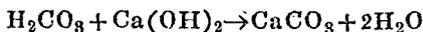
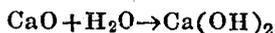
物質	60°F水中	60°F含CO ₂ 水中	212°F水中
碳酸鈣	12	1,100	21
碳酸鎂	385	27,500	近於0

5. 積聚固體之物理性質 依懸浮物質之成份，鍋爐之溫度與壓力等關係沈積出來之固體有為懸浮物有為鬆泛之片，有為堅硬之鍋垢。倘水中硫酸鈣及鎂鹽少而懸浮體多，則所成沈積物鬆軟。倘水甚清澄（懸浮物少）而多含硫酸鈣及鎂鹽則所成鍋垢極堅硬難除，既費煤火又費清除之功夫。碳酸鹽大都積聚於進口部份，硫酸鈣則在於最熱部份。

6. 積聚固體之影響 此種鍋垢不傳導熱，因之熱力不克傳達至水。且附有鍋垢之金屬部份每易過熱，甚至軟化變形。在水面降低及金屬面過熱之時，若加入冷水，則鍋垢連冷而收縮龜裂。水自隙縫流入，接觸熱鐵，驟生大量之汽，其壓力之大每使鍋爐爆裂。且水管塞堵，水接觸熱之面積減少，故熱之效率降低，至於時需清除猶其餘毒焉。

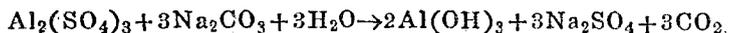
7. 鍋爐用水之處理 水中之懸浮物大者可以篩去，小者可以過濾(沙，焦煤，木纖維，)或沉澱法以澄清之。溶解物較難除去，普通有三種方法：(一)冷水中加化學藥品；(二)加藥品加熱(亦有不加藥品者)；(三)在鍋中處理之。

a. 冷水處理 可溶性之重碳酸鹽，硫酸鹽，氯化物可加入碱灰與石灰，使之變成不溶性之碳酸鹽及氫氧化物：



當此種沈澱降下時，隨將懸浮物如粘土，有機物等帶下，上層之水即變澄清。

除去懸浮物體最妥善之法，為加硫酸鋁或硫酸亞鐵與消石灰及碱灰於水中，生成膠性球狀沉澱物，乃將水中原來所有之懸浮物體一同沈降而下：



因用碳酸鈉之故，水中有鈉鹽存在，雖不發生鍋垢，然能發生泡沫。

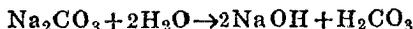
又有所謂矽鋁鹽軟化法者，係用一種鈉鋁之矽酸鹽，可由人工製造之。其法係將長石，粘土，碱灰熔化成玻璃狀物質，冷後粉碎而成。當硬水經過此劑時，其中之鈣鎂變成矽酸鹽而被扣住，鈉鹽則溶入水中而得濾過焉。迨軟化劑內鈣鎂之矽酸鹽過多而不能再吸收時，可以食鹽水浸之(使之再化為鈉鹽)。如此反覆使用，可歷數年之久。

b. 熱水處理 利用廢熱以加熱鍋爐中之給水，使重碳酸鹽可以分解。又熱水加碱灰使硫酸鹽變為碳酸鹽，然後過濾之。

c. 鍋爐處理 硫酸鈣與碳酸鈣在水之溶解度，依溫度或壓力

而大有異同。例如硫酸鈣之溶解度，溫度愈高時則愈小，故在鍋壁或管側溫度甚高之地位，漸漸結晶而成爲堅密之鍋垢。若加碱灰之後，則成不溶性之碳酸鈣。此物溫度愈高，則溶解度愈大，故在甚熱之部位不致沈積，而懸浮於水內。同時因有硫酸鈉之生成，而增加硫酸根離子之濃度，使硫酸鈣之溶解度減低。同樣，因碳酸根離子之增多，使碳酸鈣之溶解度亦減低。故如用足量之碱灰時，鍋爐用水內碳酸鈣固體較硫酸鈣爲多，而可以減少硬密之鍋垢。

8: 碳酸鈉之水解 鍋爐水之蒸汽壓力在 210 磅(385°F)時，用碳酸鈉軟化硬水固甚佳，然超過此溫度以上時，碳酸鈉即起水解作用：



生成苛性鈉而化成不溶性之氫氧化鈣。此物之溶解度與溫度成反比例，故亦能生成鍋垢。凡鍋中壓力超過 210 磅時則以採用磷酸鈉爲佳，蓋此物不易水解也。

9. 泡沫與濕汽 鍋中沸水表面上往往有泡沫一層，甚至充溢乎全鍋。有時汽管中有水之細滴與汽同存，致所生蒸汽並不乾燥。致此之由，係水面上溶解物質之濃度有大小時，則與水之表面隱然有一膜之隔，於是更變其表面張力，而泡沫成矣。

泡沫如隨生隨滅，則對於蒸汽之發生，固無障礙，惟其永久不碎是可厭耳。鍋水中大概總含有鈉之鹽類，溶解其中，且有細小之固體存在泡壁間，而使之永久不碎。據朋生⁽¹⁾氏稱每加侖水中有鈉鹽 100 格蘭時，即易發生泡沫現象。

細小固體如碳酸鈣及鍋垢碎屑等，均足以使泡沫持久不碎。有時機器中放出之蒸汽凝成水後，仍回至給水槽而重入鍋中。此種水內往往含有油脂，與加入之碱灰化合成皂，乃使表面張力增加，同時增加液膜之粘度而使泡沫持久。

鍋壁之垢有一部份脫落時，則水驟觸紅熱之鐵板，乃突然沸騰，或突然開放汽管使壓力驟降等情形，均可使水滴混入蒸汽之內。

第二章 燃 料

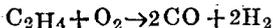
10. 引言 凡物質燃燒後能供給熱能者稱曰燃料。其中主要成份係碳與氫，有時尚含少量之硫。固體燃料如煤或焦煤中，所含碳素為游離狀態；氣體燃料，液體燃料及木材中所含之碳為化合狀態。除幾種氣體燃料外，其中所含氫往往與他種元素（碳氧）相化合。

11. 着火點 凡物氧化時發出之熱量，如不使失散，並加速其氧化速率，則繼續增長可令物質着火。此時之溫度，謂之着火點。反之，燃着物之溫度降至此點以下時，即會熄滅，風之所以能熄燭火者即是理也。

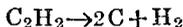
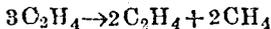
12. 發光火焰 通常之燭焰即屬此類，可分為四部份：

(1) 內部黑暗。

(2) 內部之外層發藍色之部份，其中之烴化合物被氧化而成一氧化碳及氫：



(3) 藍色層外部者係發光部份。其光亮之理論甚多，最普通者為焰之內部有燃着之固體細粒。燃燒氣體及空氣之溫度高則光亮度大。烴在高溫時分解之結果生成碳粒：



(4) 最外一層目力不能見，一切未經完全燃燒之物，至此乃完全燃燒而成二氧化碳及水。

13. 無光火焰 例如本生燈焰只有三部份，而無光亮部份。空氣在未出燈之前，先與煤氣混合。焰之容積較小故熱力較大。其輻射出去之熱僅全體熱能之 12%，至於光亮火焰則須 30%。

14. 火焰之溫度 本生燈 1100~1350°C；汽油噴燈 1500~1600°C 氫氧焰 2000°C 乙炔氧焰 2400°C。

15. 氧化焰與還原焰 火焰之外層氧化作用完全而溫度極高。

如以金屬入此火焰燃燒，可變作金屬之氧化物，此即所謂氧化焰是也。至於焰之內部則反是，因其需求氧氣，故以金屬之氧化物入火焰內，則能還原成金屬本身。

16. 完全燃燒之條件 欲使燃燒達於完全程度，需要充足之空氣與夫燃料溫度之增高。但空氣供給太多時反會帶去熱量而使燃燒延遲。溫度甚低之物放入焰中亦能吸收熱量減低燃燒之效能。本生燈最熱部份為內層之頂端。以物置此部位燃之，燃燒效能最大。

17. 氣體之爆炸 設可燃氣體先與空氣混好然後以極大之速率輸入燈管燃之，即以大量之氣體在瞬息間燒去之，此乃所謂爆炸是也。例如氫 2 氧 1 (容積) 之混合氣體，其爆炸之速率為每秒 $1\frac{1}{2}$ 哩，較在此混合物中之聲波快 $6\frac{1}{2}$ 倍。再者如此燃燒所得之氣體產物，容積甚大，因以發生極大之壓力焉。

表 3 氣體爆炸後增加容積表

氣 體	爆炸最低度%	爆炸最高度%	爆炸限度%
氫(H ₂)	4.1	74.0	69.9
一氧化碳(CO)	12.5	74.0	61.5
沼氣(CH ₄)	5.3	14.0	8.7
乙烷(C ₂ H ₆)	3.2	12.5	9.3
丙烷(C ₃ H ₈)	2.4	9.5	7.1
丁烷(C ₄ H ₁₀)	1.9	8.5	6.6
甲苯(C ₆ H ₅ CH ₃)	1.3	7.0	5.7
氨(NH ₃)	16.0	27.0	11.0
硫化氫(H ₂ S)	4.3	46.0	41.7
丙酮	2或3	13.0	10.0
*汽油	1.4	6.0	4.6
*水煤氣	9.0	55.0	46.0
*自然氣體	4.8	13.5	8.7

*汽油 比重 0.689(47°Bé) 15°C 沸點 50~140°C, 殘渣 2.7%(140°C)。

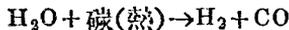
*水煤氣 其成份為: H₂ 49.6%, CO 40.8%, CO₂ 2.6%, N₂ 7%。

*自然氣體 其成份為: CH₄ 87.4%, C₂H₆ 6.8%, C₃H₈ 1.55%, C₄H₁₀ 1%, C₅H₁₂ 微量, N₂ 3.2%, O₂ 0.1%, 及 CO₂。

在普通溫度及壓力下，可燃氣體與空氣混合發生爆炸之百分比(容積)略如表 3。

18. 煤粉之燃燒 冶金爐如用烘乾之煤粉(至少有 65% 可經過 200 號篩者)燃燒可節省 $\frac{1}{3}$ 之煤量但烟囪內吹出之灰亦特多耳。

19. 燃料中之水份 煤中含有水份當然損失一部份之熱量用以蒸發水份(每磅水之化汽需熱單位 966)；但在管式鍋爐則反而能使高熱部擴張。緣下列化學作用所生之可燃氣體，亦能供給多量之熱也：



20. 烟 烟分二種，第一種為白色或帶綠色，大部含有煙，例如燭芯上之烟，青草之烟，捲菸之烟，其中毫無游離碳之存在。第二種烟為墨黑色，包含碳素物，乃火焰冷却空氣不足所致。

如鍋爐加煤太厚時，煤中蒸餾出來之煤膏因為厚煤層所隔，不能得多量之熱，並且空氣之供給亦難，於是火焰之溫度乃漸降而發生黑烟矣。

烟煤之發烟，由於煤中多量之揮發性物質及氣體煙，每易未經燃着先行逸去，故宜用機械加煤法，使此等物質在徐緩均勻燃燒過程中，得以燒去，同時煤先變為焦煤。倘用倒焰式爐則效力更佳。通常燃料為烟而損失之程度，約每噸十磅。

21. 烟囪氣體之分析 燃燒時所需之空氣較諸理論上自應稍多，但太多時亦足奪去一部份之熱量。故空氣之為多為少宜以烟囪內放出之氣體加以分析，始可知焉。倘猶有一氧化碳及沼氣之存在，則證明燃燒之尚未完全。如此對於燃燒所需之氧量乃有統制之憑藉矣。

22. 灰之來源及成份 煤經完全燃燒後所剩下之金屬渣，即灰是也。其主要成份為氧化矽，氧化鋁，氧化鎂及鐵之氧化物與硫化物。最好之煤燒剩之灰為白色，主要之物乃氧化矽。煤灰中含鉀甚少，略在 1% 以下，而硬木之灰中則可多至 15% 云。

23. 灰之粘結 灰中之鹽基性氧化物與氧化矽之比例適可化合成矽酸鹽時，則最易熔化而使成為灰之粘結狀態。倘鹽基性氧化

物或氧化矽過多時則反此。

煤中如含有黃鐵礦(FeS_2)，燃燒時硫氧化而一部份變成硫化亞鐵(FeS)。此物極易熔化，而助灰之粘結。其粒子大小與夫分佈情形，在在與灰之粘結與否有密切之關係。煤中含硫每易發生此種灰之粘結狀態，但亦未必盡然。硫之存在於有機化合物中者，則無此影響。

有時因火棒之運用不得其法，使煤層中發生細溝，空氣自此隙縫上升，頗為激烈，故使此處溫度特別高著。

24. 燃料之熱價 (a) 熱量單位：英制(B. T. U.) 為一磅水自 30°F 升高至 40°F 所需之熱量。攝氏單位(C. U.) 為一磅水自 4°C 升高至 5°C 所需之熱量。卡路里(Cal.) 為一仟克水自 1° 升高至 5°C 所需之熱量。

(b) 燃料成份之熱力：凡一磅碳燒成二氧化碳時產生 14500 B. T. U. 一磅碳燒成一氧化碳時產生 4,450 B. T. U.，一磅氫燒成水時產生 62000 B. T. U.。例如一磅沼氣(CH_4) 燃燒則成二氧化碳及水，其中碳含 $\frac{3}{4}$ 磅，氫含 $\frac{1}{4}$ 磅。前者產生 10,875 B. T. U.，後者產生 15,500 B. T. U.，總共 26,375 B. T. U.。

(c) 燃料之有效熱價：事實上一種燃料之總熱價損失之處良多，而每每未能完全應用。例如蒸汽鍋爐燃煤之時，有下列各種損失：

(1) 蒸發煤中含水所需之潛熱，故濕煤損失熱量更大；(2) 隨同灰燼落去之未燃煤之熱量；(3) 烟中含有多量之碳及煙，其熱量逸去；(4) 煤祇燒成一氧化碳時所損失之熱；(5) 輻射熱；(6) 熱空氣在烟囪中帶出之熱量。此種熱量之損失依煤之種類，鍋爐及給煤機之種類等而定。總共之損失有時會高至 50%。

25. 固體燃料 (a) 木：木材中含有化合的氧，故熱價不高，祇及煤之一半。職是之故，實業上應用木材以為燃料並不重要。

(b) 泥煤：為潮濕地土中有機物之分解產物。質輕多孔，黃色，呈纖維組織，與木材之熱價相彷彿，故用者亦少。

(c) 褐煤：為泥煤與煤之中間物，色褐狀如木材，露空氣內易崩

碎，含灰份 5~35%，水份亦多。

(d)次烟煤：較褐煤色黑，較烟煤易崩解，易燃着，含硫較少。

(e)烟煤：含揮發物質可佔全重之三分之一，計分三種：(1)燒時不粘結而稍有烟；(2)烟少易粘結；(3)多烟(揮發物高至 50%)長烟。以無木質存在，故碎片呈介殼狀。

(f)半烟煤：烟極少，熱量多，故適用於蒸汽鍋及一般工業上之應用。又以每熱單位所佔之地位較他煤為少，故又適用於船舶上之燃燒。

(g)白煤：此煤最重而最硬。因少揮發物質，故難着火。無烟，無烟，故適於家用。此煤產量較少，故價格最貴。

26. 煤之分析：(a)化學分析：測定煤中碳，氫，氧，氮，硫以及水份，灰份。(b)工業分析：測定煤之水份，揮發可燃物，固定碳，灰份。

27. 煤之新的利用法 為充份利用煤之熱量，使更經濟，近代學者研究者甚多。茲述數例於後：

(1)柏給斯氏：烟煤中碳氫之比為 16:1，而輕油中之比為 8:1 故氏研究加多氫，使煤成為液體之油。法將煤磨細混油成厚糊，在每平方吋 2,200~3,000 磅之壓力下，打入已有油之作用室內，同時通入氫，其溫度為 500°C。此時鋼之強度減低，氫氣利用水汽之還

表 4

產 物	柏給斯法%*	低溫蒸餾%
馬達汽油	15.0	1.5
內燃機油	15.0	3.0
柴油，潤滑油，瀝青	20.0	4.5
氮	0.5	—
水	8.0	5.0
煤氣	20.0	15.0
有機物，不溶於固	11.5	—
半焦煤	—	61.0
灰	10.0	10.0

每噸煤可製汽油 45 加侖。

原作用產生之，同時產生之一氧化碳，可無影響。所用氫氣不必純粹。所生一部份之油再製成糊而回入作用室。設煤中灰份不超過10%時，則煤之40~70%可以液化，或每噸產生107~185加侖之油。茲將產物之成色與低溫蒸餾之結果，比較如表4：

(2)費社氏：在高壓下氫化一氧化碳可得一複雜之混合物，其中為高級醇，酮，醛及脂肪酸等。所用之氫及一氧化碳自水煤氣中得來。觸媒用強鹼處理之鐵。所得之油以代汽油與柏給斯氏之方法同樣可用低廉之煤以製油，此為特殊之點。

(3)柏他氏：任何種類之煤以水煤氣之方法變成氫及一氧化碳，然後以壓力及觸媒變之為木酒精及其他醇類。

28. 焦煤 烟煤乾餾所剩之渣即為焦煤，主要成份為碳。但並非烟煤均可如此以產焦煤者。焦煤與煤之成份比較如下：

表5 焦煤與煤之成份比較表

	水份	揮發性可燃物	固定碳	硫	灰
煤	4.50	25.40	64.25	0.87	5.85
焦煤		0.73	90.49	0.78	8.75

焦煤質堅而多孔，容積之半乃空氣也，燒之極易，每磅之熱價為13,000 B.T.U.。燒餾時間普通為48~72小時，時間愈長則焦煤愈硬。副產品如下：

氣體總量	每噸 11,000 立方呎(575 B.T.U.)
多餘氣體	每噸 6,000~6,500 立方呎(575 B.T.U.)
煤膠	9~12 加侖
硫酸氨	23~26 磅
輕油	2.75~3.5 加侖

29. 液體燃料 液體燃料之燃燒比固體燃料為快，設以壓縮空氣或蒸汽衝碎，則油類之燃燒更為便利及有效。

液體燃料之利益甚多，易於儲藏及移動，生火便利，旺爐可任意管制。無灰塵及煤塊粘結之弊，熱之損失亦少，清潔，熱價每磅為

19,000 B. T. U. (煤爲 13,000 B. T. U.)。

(a) 汽油：以石油爲原料，氫化之亦可得汽油，且可除去硫質。自然氣 1000 立方呎可分離出汽油 0.5~2.5 加侖，其主成份爲 C_5H_{12} ， C_6H_{14} ， C_7H_{16} 。此種物質太易揮發，故用於引擎及飛機之上，尚須參加分子量較重之煙也。

近來，有以困與汽油混合，以爲引擎油之用，使其着火點提高。故引擎內之氣壓可高，效力增進，但能產生碳燼。

汽油引擎內之汽油，有時易發生爆炸聲，蓋着火太快之故。如以燈油加 40% 之困可無此弊。今者更有發見加入他種化合物亦有同樣效果者，如二乙硒 $[(C_2H_5)_2Se]$ 及四乙鉛 $[(C_2H_5)_4Pb]$ 等。市上現有名乙基汽油者，乃 1000 份普通汽油中加 1 份乙基化合物，(三份四乙鉛，一份乙炔二溴及少許阿尼林油)。

汽油之純否不能全憑其密度而定，最好以蒸餾之情形觀察之。大凡混合成功之汽油，其開始蒸餾之溫度較低，終點較高而蒸餾過程亦長。

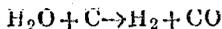
(b) 燈油：石油在 $150\sim 300^\circ C$ 間蒸餾所得之油曰燈油，(俗名洋油)。其平均沸點爲 $230^\circ C$ 。密度爲 $42-38^\circ B^6$ 。燈油之等級按其着火點而分別，例如：(1) $110^\circ F$ ，(2) $120^\circ F$ ，(3) $150^\circ F$ ，(4) $300^\circ F$ ，燈油之熱價比汽油爲高，惟較難汽化耳。

30. 氣體燃料 茲先述氣體燃料之優點，如 F：(1) 溫度容易管制，(2) 烟少，燃燒比較完全，(3) 可直接用以發生能量，如瓦斯引擎是，(4) 運輸便捷，(5) 少加柴之勞。其種類如下：

(a) 發生爐氣體：利用固體燃料之未經完全燃燒時所生之可燃性氣體，供給適量空氣，使燃料燒成一氧化碳。



又空氣內之水份與灼熱之煤燃燒時可生氫，故有時亦有加入水汽者。



其化學成份如下表：

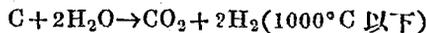
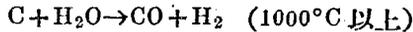


烟煤	2.6	0.4	12.0	27.0	2.5	55.3	0.3	41.9
----	-----	-----	------	------	-----	------	-----	------

焦煤	0.4	0.0	13.2	25.3	5.4	55.2	0.6	38.9
----	-----	-----	------	------	-----	------	-----	------

此氣之熱價及燃燒溫度較任何氣體燃料為低，但為人造氣體燃料中之最便宜者。

(b) 水煤氣：當水汽與熱碳化合之時其產物依碳之溫度而不同，試觀下式。



所生成之可燃氣體均屬淡藍色，(故水煤氣亦名藍色燃氣)，加入煙可使火焰發亮，其成份如下：

CH ₄	H ₂	CO	CO ₂	N ₂	可燃物
0.1	51.5	41.0	4	3.1	92.6

以含 CO 極多且無色，故易中毒，用者注意焉。

(c) 熔鐵爐廢熱氣：熱力並不甚大，不過可以利用之以預熱煉鋼爐等所需之熱空氣。其成份如下：

CH ₄	H ₂	CO	CO ₂	N ₂	O ₂	可燃物
0.20	2.74	28.61	11.39	57.06	0.00	51.37

(d) 煤氣：以煤乾餾所得之氣體。主要用以點燈，比較昂貴，蓋尚有大部份之煤留在釜底也。其成份如下：

CH ₄	C ₂ H ₄	H ₂	CO	CO ₂	N ₂	O ₂	可燃物
40.5	4.0	47.0	6.0	0.5	1.5	0.5	97.5

(e) 自然氣：其成因與成份與石油有密切之關係，茲錄一平均成份如下：

CH ₄	C ₂ H ₆	CO ₂	O ₂	N ₂	可燃物
80.6	18.2	0.0	0.0	0.8	93.8

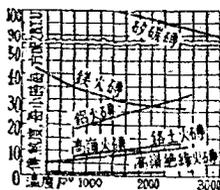
此氣為氣體燃料中熱價最高與着火點最高者。

第三章 耐火材料

31. 耐火材料之性質 所謂耐火材料除應該在高溫時不會熔
化外，又須不易在熱時擦損，並不可與熔融物質起化學作用。

選用是項耐火材料時先須知悉爐室之溫度而後定。如平口式
煉鋼爐為 1600°C ，鼓風冶鐵爐 1960°C ，電爐 $3500\sim 3600^{\circ}\text{C}$ ，茲列
舉普通耐火材料之熔點如下表：

材 料	開始熔點 ($^{\circ}\text{C}$)
鋁火磚	1400~1750
矽火磚	1600~1800
鎂火磚	1850~2000
礬土火磚	1850~2000
鉻土火磚	2000以上
石墨	3500以上



耐火材料之傳熱度

有時某種材料雖耐高溫，但往往不能抵抗爐中物質之磨損作
用，如氧化鎂在 1500°C 雖尚未及其熔點然此時已會軟化矣。又火
磚之密度對於機械的摩擦之抵抗亦至有關係，如矽火磚較鬆無堅
韌之性故不耐摩擦也。

耐火材料之熱傳導須愈小愈佳，但各種材料之熱傳導相差亦
大[參閱附圖採自 Norton, "Structural Materials for Modern
Heat Technology", Chem. & Met. Engr., 39, 227 (April,
1932)]。例如熔融鋁火磚之熱傳導與溫度成正比例，而鎂火磚則
相反，用以砌築爐室之牆者須導熱性小，而用以製坩堝者須大。

耐火材料須能耐溫度之驟變，又如材料質地疏鬆者不易龜裂
剝落，然無抵抗摩擦之性質。鎂火磚對於溫度之驟變未能應付，若
鉻火磚則不然。

爐室內壁之性質依其中熔渣之性質而定，假如礦渣為鹼基性
者則須用鹼基性或中性之材料。假如礦渣為酸性者則須用酸性或
中性之材料。例如煉鋼平爐中之鐵含有磷質則宜做鹼基性礦渣。於
是當加石灰使之成為磷酸鈣。

32. 耐火材料之分類 如上所述耐火材料乃分為下列三類：

(a)酸性耐火材料:此類材料之主要成份爲氧化矽。

(b)鹽基性耐火材料:此類材料不含氧化矽與含有金屬氧化物之礦渣不起作用,如石灰,苦土等。

(c)中性耐火材料:此類材料對於酸性或鹽基性之礦渣均無作用,如石墨等。

33. 製造:耐火材料用於各種方式如碎屑,磚塊及特種形式。火磚即以此種材料之稠厚泥糊,壓成模式之後加高溫燃燒而成。至於其抵抗磨損,熱傳導等性質要以製造之方法爲依歸焉。以下述各種耐火材料之重要性質。

(a)酸性耐火材料: (1):火磚之主要原料爲砂石,茲舉其成份之一例如下:

氧化矽	98.31%	}	石灰	0.22%
氧化鋁	0.72%		碱	0.18%
氧化鐵	0.18%		水份	0.35%

先將混合原料潤濕壓入模內成形,待乾燒至高溫使粒子面上生成矽酸鈣以粘結牢固,有時可以粘土代石灰,結果亦同。

此種火磚雖能耐高熱,然脆不經擦,故最宜用於溫度高而少磨擦之處,如煉鋼平爐之頂部。但時有溫度變遷之處及爐中有鹽基性礦渣時均不適用。

(2)火泥:天然出產,其成份大約爲石英 83%,粘土 13%,雜質與水份 4%。不以此製成火磚,普通用以塗在爐灶內部及底部,如柏塞滿煉鋼爐用之甚多。

(3)耐火粘土:主成份爲高嶺土, $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 但時常混雜石英,雲母,氧化鐵,石灰,氧化鎂及碱等。

表 6 示耐火粘土與火磚粘土之化學成份比較,前者所含之鐵質,石灰,氧化鎂,碱等較後者爲少。

耐火粘土中大致含有氧化矽 50~60%, 氧化鋁 22~35% 兩共總須佔全部之 92~98%, 其他雜質可命名曰熔劑。蓋極易使其耐火性減低也, (不得超過 3~4%)。因其中之氧化鋁係弱鹽基性。

表 6 耐火粘土之成份表

粘土名稱	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	K ₂ O Na ₂ O %	TiO ₂ %	H ₂ O %
一號耐火粘土	50.6	34.35	0.78	微	微	微	1.62	12.90
一號耐火粘土	51.56	33.13	0.78	...	0.12	...	1.91	12.50
耐火膠灰粘土	67.26	23.36	1.63	0.25	...	0.65	包括在 Al ₂ O ₃ 內	6.94
普通火磚粘土	66.67	18.27	3.11	1.18	1.09	4.22	0.85	4.03
壓榨火磚粘土	68.28	18.83	2.60	0.70	0.13	2.29	0.27	7.23

無水物，故與氧化矽不能生成易熔之化合物。若易以強鹼基性之物質如鹼，石灰等則可得生成易熔之矽酸物矣。

如有硫鐵礦混雜其中亦為討厭之事，因燃燒時此物變成氧化低鐵，再與氧化矽化合成易熔之矽酸低鐵，滲入磚孔乃成黑斑焉。

(b) 鹼基性耐火材料 (1) 氧化鎂：以鎂土礦燒至 1700°C 時即生成氧化鎂，在此溫度並不熔化，又不若石灰之易吸水及消化，與矽質物相混加壓製型所得之磚，硬密，及耐火。但在其熔點以下即能軟化，較酸性耐火材料之熱的絕緣性為差，與不能受激亟之溫度變遷，且價格亦較貴，故用途較窄。

(2) 石灰：石灰之熔點更高，約為 1900°C 較氧化鎂尤不易熔化，價值較廉，以其不能處置於大氣內，故不宜於製作耐火材料。然與氧化鎂相混則結果甚佳。

(3) 苦土：係含鎂質之石灰礦，此物雖較氧化鎂為廉，然極易與酸性氧化物作用且少抵抗摩擦之性，故不能取代氧化鎂也。

(4) 水礬土：係含結晶水之氧化鋁，其中往往有氧化鐵，氧化矽，氧化鈦等雜質。所含氧化鐵可高至 25%，白色一種不含此鐵，用作火磚極佳。氧化矽不得超過 6~8%。所成之磚能耐熔化，摩擦及與金屬氧化物之作用，較鎂火磚價廉。

為特別應用可將水礬土提淨，而在電爐中熔融，所成之物曰阿侖鈍，此物極能耐火，熔點約 2050°C，但普通用途以其價貴亦不適用之。

(c) 中性耐火材料 (1) 鉻土: 其主要成份為氧化鉻與氧化鐵, 耐高溫對於酸性或鹽基性之礦滓均能抵抗。耐摩擦及溫度之劇變較他種耐火材料為佳, 高溫冶金用此材料最合適, 但價格甚昂。

(2) 石墨: 分粉狀及晶狀兩種, 前者用於油漆, 鉛筆等, 後者乃用作耐火材料。產地為錫蘭⁽⁵⁾, 西比利亞⁽⁶⁾, 加拿大等處⁽⁷⁾, (普通貨含碳份 70~90%)。下表示普通石墨之成份。在 3700°C (電火花) 時稍會軟化及揮發, 在氧化焰內則燃着, 故只能用於還原情形下。

碳	86.66%
不熔氧化矽	4.22%
可熔氧化矽	4.05%
氧化鋁及氧化鐵	4.66%
石灰及氧化鎂	1.01%

其中可溶性氧化矽及氧化鐵對於耐熱性能減低, 故不宜多, 石墨之優劣即憑此為斷也。

第四章 非鐵金屬

34. 引言 吾人日常所用之金屬凡十五種, 其中尤以鐵銅鉛錫鋅鉛為最普通, 而鐵之用途最大, 俟下章論之, 今所討論者就非鐵金屬之物理性質述之如后:

硬度: 係金屬抵抗他物割切磨損之性質。

彈性: 受外力變形之後仍能恢復其原來形態。

張力: 使金屬拉破之外力以其原來之截面積除之。

延性: 抵抗拉力, 不斷利用此性質可製線條。

展性: 金屬打成薄片, 利用此性質可製箔, 約與溫度成正比例。

35. 鋁 鋁之金屬在 1850 年以前猶為稀有金屬之一, 迨 1889 年乃有商品製售, 至今日其地位在非鐵金屬中僅次於銅, 鋅, 鉛矣。

(a) 存在: 世界上元素之量首推氧及矽, 再次即為鋁矣。氧化鋁

爲粘土，雲母，長石，花崗石等之重要成份，又各種寶石中亦含之。剛玉係無水氧化鋁，有紅藍等顏色。金剛砂較雜，含有氧化鐵，均硬，可供磨琢之用。

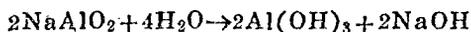
鋁雖多但無游離狀態之存在，至今吾人尙不能由粘土中提煉鋁也。鋁礦之可用者，現在所知爲水礬土，係水化氧化鋁，又有冰晶石爲鋁之氟化物($3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$)，色潔白如冰，熔點 995°C ，世界產量最多之處，在格林蘭南部價格甚昂貴。

(b) 煉鋁：因需用大量電能而電費不能昂貴，故多應用水力發電。因此產鋁礦之區，每與煉鋁之地相隔甚遠。水礬土含水約 15~33%，故需烘乾後運出。鋁做出後再欲精煉甚感困難，故每於煉鋁之前將礦石提淨。

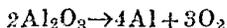
水礬土細粉先與苛性鈉處理於高壓蒸汽鍋內，使化合成鋁酸鈉， $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。

氧化鐵，粘土，氧化鎳等雜質不能溶解，一部份之氧化矽可溶入，但被磨粉時所加入之石灰作用，成爲不溶性之矽酸鈣。

將鋁酸鈉稀釋濾過，加少量新製之氫氧化鋁，生成氫氧化鋁之沉澱。濾過後燒乾使成氧化鋁，所餘之苛性鈉可蒸濃再用。



氧化鋁不能以碳還原，蓋所生之鋁與碳化合成碳化鋁，或與氧化碳作用而仍變氧化鋁，或揮發逸去。如有銅雜在礦中則變成合金，故不能製成純粹之鋁也。至 1886 年哈爾法發明爲鋼製長方形匣狀爐，內壁襯耐火材料，不傳熱或電再裹爲碳層作爲陰極，爐中掛碳條作陽極，將冰晶石與氟化鈣融熔於其中，加入水礬土 10~20%，其組成須加周密考查，如還原出來之鋁，浮於液面，易致電槽之短路走電。電解結果生成鋁，集於陰極底部，



斜滲至出口，氧與碳化合而逸去。冰晶石及水礬土，時時加入以補不足。

(c) 物理性質：鋁具有強烈之銀白光澤，熔點 659°C ，沸點

1800°C，比重極小，2.70 祇及銅之三分之一。展性僅次於金，可展薄至厚度 0.0005 吋之箔。硬度與銀相仿，實用上輒加少許銅以增加其硬度。張力約 13,000 磅每平方吋，延性次於銅而勝於鋅或錫。導熱度 31.33 (銀 100)，導電度 62 (銅 100)。

純粹之鋁較難鑄造，如加入銅鎳等金屬則可改善此弊。當鑄煉時溫度愈低愈妙以得細小結晶，如此可增進其張力，冷時收縮每呎 0.2031 吋。

(d)化學性質：於空氣中強熱，鋁氧化甚烈，薄片能發光而燃。氯化鋅(熔點 365°C)為鋁之最佳熔劑。

在普通大氣中鋁不易侵蝕，緣其表面一層之氧化物粘結甚牢，具有保護內部金屬之作用。鋁汞齊能溶於水生成氫氧化鋁及氫，硫化氫對於鋁無作用。

稀硫酸對於鋁無作用，濃者可以溶解發生二氧化硫。熱硝酸稍有作用，冷硝酸無作用，至於鹽酸及氟酸侵蝕甚速，而發生氫氣。氯，溴，碘亦能侵蝕甚烈。

在高溫時硫能與鋁化合成三硫化二鋁，但硫化氫液體與之化合，並不生成硫化鋁。

鋁易溶於苛性鹼，生成鋁酸鹽及氫，故不能用鹼水洗鋁製器具，如加少許水玻璃則可制止此種作用。

純粹之鋁(99.97%)，具有銀白光澤，普通往往帶有青色，蓋含有矽，鐵之故也。其機械的性質列表如下：

表 7 鋁之機械的性質

機 械 的 性 質	軋煉鋁 99.4%	鍛鋁 99.97%
張力,磅/方吋	13,000	8,465
延長度,%每二吋	45	60
面積之收縮	80	95
布林耐爾硬度(50仟克壓力及 0.125 吋之球)	22	16

純粹之鋁對於抵抗侵蝕之性質較大。

(e)鋁之用途：先製成錠然後用作各種器具，如交通器具，家用器具，電氣器具，凡能利用其輕，韌，堅（與他種金屬做成合金），傳熱，傳電諸性質之器具鋁均可勝任。鋁粉調製成漆功用亦大。

36. 銅 自然銅產生甚少，大都為氧化物，碳酸物，硫化物等。計開如下：赤銅礦(Cu_2O)，黑銅礦(CuO)，藍銅礦($\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$)，孔雀石($\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$)，矽孔雀石($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，硫銅礦(Cu_2S)，銅藍(CuS)，黃銅礦($\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$)，斑銅礦($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$)，黝銅礦($4\text{RS} \cdot \text{Sb} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$)其中 R 代表銅鐵鋅銀等。

銅礦所含銅份，普通只 2~3%，超過 10~15% 者已少，自然銅提煉較易，只要磨細，洗淨，加石灰在爐內加熱，則面上生成礦渣，其下為熔融之銅。氧化銅礦昔日利用焦煤及石灰石，在鼓風爐內提煉。硫化銅礦利用上浮法甚便，故現在有用氧化銅礦和入同製，硫化銅礦每亦含有鐵及鉛，砷，銻均須除去之。

煉銅步驟述之如下：

(1) 淘汰：舊法為碾碎，磨細，水洗，近來每多用上浮法，將較重之礦粒浮起，而使較輕之石粒下沉。

加油：將細礦粉與水調成漿，加 1% 煤膠與木油，如此礦粒不易為水所潮潤而石粒反是。

泡沫：將上述混合物注於多量之水內，加發泡藥劑打攪使生泡沫。有油之礦粒附着於泡沫而浮在液面，石粒則沉於下部。

撇清：撇出泡沫濾去水份油份，蒸餾復用。

此法較舊法經濟而有效，如礦中祇含 2% 銅者亦可提出約 95%

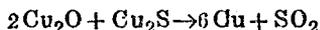
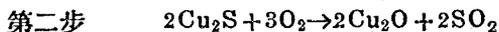
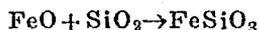
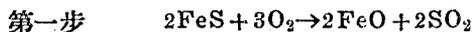
(2) 烘燒：將礦砂烘燒使揮發性砷，銻氧化物除去，所含硫之三分之二亦為之氧化。此爐經氧化開始即不必再加燃料，只任其本身燒硫而發生之熱量繼續之。礦中含硫自 33% 退至 8%，一部份之硫酸銅即為其氧化而變成氧化銅。

(3) 熔化：上述礦粒乘熱即送至反射爐熔化（粗礦用鼓風爐），爐頂及壁用石英火磚，底部用鎂火磚，燃料為煤或油。普通加入石英（沙），目的使與氧化鐵生成礦渣。又加石灰使礦渣易熔，如此將

銅與矽酸鐵分開。

硫化鐵則蒸餾去多剩之硫，使成硫化亞鐵而成氧化亞鐵混入礦渣之內。尚有多餘之硫化亞鐵，與硫化亞銅混合而熔化成較重之塊，沉於礦渣之下，此中間或再含銅，鐵，金，銀或其他重金屬。

(4)煉銅：上述硫化銅塊放入煉銅爐內加少量之砂，通空氣（壓力每方吋 16 磅），於此熔融金屬內，乃變為銅。其原理與栢塞滿煉銅爐相仿，爐壁以鎂火磚砌築，硫成二氧化硫，硫化亞鐵變為氧化亞鐵，此物乃與沙或礦沙中之石英化成礦渣而傾去之，如此鐵被除去矣。乃停送空氣至於硫化銅，則氧化為氧化銅，後與未經作用硫化銅化合，乃生成銅。主要之化學作用如下式：



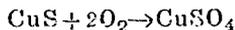
此種作用之完成，約需時 5 小時，（煉銅爐祇要 15 分鐘），所得銅係 99% 純淨度。

精煉：傳電用銅之純淨度至少需 99.95% 故精煉尙矣。

(1)以上節所述之銅放於礮酸性內壁之爐，初以氧化焰燃之使硫盡去後，以氧氣吹管通入，並攪拌乃成氧化亞銅。此物再可氧化他種金屬，使成煙氣或礦渣。但氧化亞銅須以木炭還原之，否則所得銅每呈脆弱之象。

(2)將上述所得之銅，（普通製成 3 呎見方，2 吋厚之陽極片），掛於相仿之純粹薄銅片間。電解槽內置流動之溫暖硫酸銅溶液，電用每方呎陰極面 26 安培，通電後銅在陰極者溶入液內在陽極析出。所得之銅，純度為 99.955%，但呈粒狀，宜重新熔成銅條然後運出。

淘洗：礦石經氣候之變化，往往可生成可溶性之銅鹽：



或將礦砂置於耐酸及有濾板之桶內，用酸，鐵鹽溶液，氨液及碳酸鈉等溶解之，然後電解而鐵則可還原沉澱出來。

灰與烟之收回：煉銅爐及磨細所生之灰塵極多，可將各烟道彙集於一巨大之烟囱，即於此入口處收集之，即在此處設一積灰室，裝迂迴短牆以阻聚灰塵，極細之烟粒則用靜電使之帶電而沉積之。

物理性狀：銅為唯一的帶紅色之金屬，熔點 1083°C (1981°F)，沸點 2350°C (4262°F)。銅雖極易揮發，但熔化時損失並不大，比重 8.945。銅熱至紅熱時徐徐冷下則脆，急冷則柔軟而富展性與延性，在紅熱時可以焊接。

純銅之導電度及導熱度極強，若混有少許雜質時影響亦大。例如有 0.03% 砷，則減少其導電度 14%，含磷 0.13% 則減少 30%，含鐵 0.4% 則減少 64%。

銅熔融時易吸收氣體，如一氧化碳，氫，二氧化硫等，冷時分離，結果成許多小孔。銅之張力相差甚巨，須視其機械的處理而定。如鑄銅為每方吋 25,000 磅，冷展之銅為 40,000 至 67,000 磅。銅加入 0.5% 鉛，則鑄造器具容易，但太多則脆。

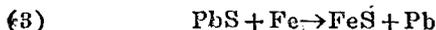
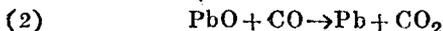
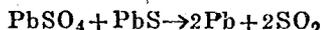
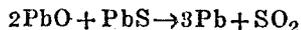
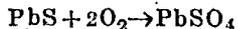
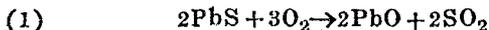
化學性狀：銅在乾燥空氣中漸漸變暗，因生成氧化亞銅，在濕空氣中生成綠色之鹽基性碳酸銅 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 。俗稱銅綠者是也。空氣中有硫化氫存在時，生成黑色之硫化銅。在空氣加熱，則表面生成黑色之氧化銅，下層為紅色之氧化亞銅。

銅雖不能溶解於鹽酸及硫酸而發生氫氣，但在氧氣存在時此二酸可以侵蝕之。極易溶於硝酸，許多有機酸雖濃度稀淡亦可侵蝕之。凡銅之化合物均有毒。在空氣中銅能溶於氨水成蔚藍色溶液 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2$ 。

用途：大宗用於電器方面約四分之一，用製黃銅青銅等合金。凡稍需抵抗侵蝕及灣曲之器物，如片子，蒸餾器，鍋，冷却器等均可用之。

37. 鉛 鉛礦我國蘊藏甚富惜少開採，鉛往往與鋅同處，最重要者為方鉛礦係硫化鉛，其中每雜有硫化銀，此外尚有鋅，砷，鋁，錳，鐵，錳，鈷，銅，金等，有者價值高貴，有者妨礙鉛之性質，故必須分離，亦用上浮法淘汰，所含之銅則於精煉時除去。

熔化：(1)燃燒以除硫，生成氧化鉛及硫酸鉛，再與未變化之硫化鉛化合而生二氧化硫與鉛。(2)燃燒所成之氧化鉛以碳或一氧化碳還原成鉛。(3)以鐵將硫化鉛沉澱出鉛。其化學變化列式如下：



鉛礦先燒成硫酸鉛，然後以通氯氣之硫酸食鹽水淘洗，將淘洗之液體通電，則鉛凝集於陰極上，取下熔化。

鉛之精煉：鉛中所含之鹽基性金屬使鉛變硬，故須除去之，稱為軟化法。好在此等金屬與氧化合較易，成氧化物之殘屑浮於液面，然後可以撇去之。

經軟化之鉛仍含銀及其他貴金屬，分離之法有三，請述如后。

(1) 派丁生法¹⁰：冷却熔鉛使其結晶而出，同時銀仍在熔化液體內，將鉛撇去再加粗製熔鉛，繼續此手續至熔鉛一噸含銀 500 盎司時取出加以氧化作用使鉛變為密陀僧 (PbO)，而銀等貴金屬不變。

(2) 派克法¹¹：此法根據二種事實，(a) 金銀之溶於熔鉛較溶於熔鉛中更多；(b) 鋅與溶入之金屬升至上面，遮蓋鉛面成一膜。先加入鋅拌和使與鉛接觸，然後任其上升，所成之膜撇去之，此手續行二三次。

鋅可從撇出之殘渣蒸餾出來，重新應用，銀中附帶之少許鉛質，可以氧化法除去之。

(3) 裴子法¹²：多含鉍之鉛，輒用電解法精煉，其方法與銅之精煉相若。電解液用氟矽化鉛 (PbSiF₆)，金銀及鉍留在陽極無變化，可設法收回之，電解液 5000 份中加 1 份膠則陰極上結出之鉛，可無鬆泛之弊。

物理性狀：鉛為藍灰色金屬，新切開面光澤甚亮，極軟，以指甲

亦可劃紋，極重。

鉛性不韌，張力亦小，約每方吋 2000 磅，硬鉛絲則可達 3000 磅，可以展箔，熱時可製成管棒線等。在 75,000 磅壓力下，在常溫即可變成液體。

熔化之鉛若急速冷却則成無定形之固體，若徐徐冷却則成光亮之八角晶狀，此晶體亦可以電解法得之。

鉛之熔點 327°C (621°F)，沸點 1525°C ，但不易蒸餾。在 700°C 即可揮發。

比重 11.25 ~ 11.4，比熱 0.0314，導熱及導電度 8.5 (銀作 100)。

化學性狀：鉛對乾燥空氣或無空氣之水均無作用，惟二者並存時則表面生成鹼基性碳酸物之薄膜極堅密附着，阻制繼續侵蝕作用。遇氧化硫則成黑色之硫化鉛，如露於空氣內則成白色硫酸鉛。

在空氣內熔化先生暗色之氧化亞鉛 (Pb_2O)，燒至紅熱時則變成密陀僧 (PbO)，為用於油漆中之催乾劑。再升高溫度熱至 400 至 450°C 時，則成丹鉛 (Pb_3O_4)。

鉛對於鹼無作用，冷鹽酸或硫酸亦不侵蝕之。但溶於硝酸或熱醋酸，許多有機酸能稍溶解鉛，故鉛不可用以製盛食物之器皿，因鉛之化合物均毒之故也。漸漸積聚於人體，至相當量而毒發。即水亦可溶解鉛質，飲用日久，亦屬危險之事。但硬水與鉛則成碳酸物或硫酸物之不溶性膜，阻制其繼續作用，故鉛管祇合用於硬水。鉛之用途：化學室及工廠中用製管子，電池中用之極多，製造白鉛粉及他種油漆顏料，軍器，合金，建築，電纜，等均需用焉。

38. 錫 唯一重要之錫礦為錫石 (SnO_2)，⁽¹³⁾馬來羣島及荷屬東印⁽¹⁴⁾度產量最富，我國西南部產錫亦多。

因精煉錫之方法未臻完善，故礦石之送至熔化爐必須十分純淨。以沖礦槽洗去沙泥礫子，其他雜質如鉛，銻，鉍，銅，鐵等之硫化物，不能淘洗除去者則用加油上浮法，然後加熱燃燒以揮發硫，鉍，銻等除去之。至於銅，鉍，鐵之氧化物則以稀硫酸浸出除去，有時與碳酸鈉共熱，然後浸水內亦佳。

錫石之提煉亦屬以碳還原之作用，或用鼓風爐或用反射爐，如係細純之礦則用後法為佳，蓋塵灰之損失少也。

錫之精煉：用火功及用電解二法，前者較為普通，將不純粹之錫在斜底爐內熱之至錫之熔點，則較純之錫即熔化淌去，不純物殘留於爐底。

或將錫加熱至於熔點之上，以桿拌之，因氣之逃逸使液體發生鼎沸現象，而攪拌使底部之金屬翻至液面成為氧化物，浮於面上乃可撇去之。

電解所得之錫其純度為 99.9%。

物理性狀：熔點 232°C (449°F)，沸點 2275°C ，有三種同素異形體。在 -15°C 時純錫轉變形如粒狀之鉛故在嚴寒地帶之鉛管有化為粉粒之虞。溫度在 161°C 以上則變成極脆以錘打之亦成粉碎。

錫之比重為 7.287，軟（比鉛硬比鋅軟）可展箔，其厚達 $1/5000$ 吋，張力 3,500~5,000 磅/方吋。

錫中如含少量砷，銻，鉍等雜質時，使其堅韌性大減，含有少量銅，鉛時增加其硬度及張力。但影響其展性，含有鐵時則增加其硬度與脆度。錫非熱與電之良導體。

化學性狀：在平常之空氣內，錫不會侵蝕及變黑，故通常用此以塗於他種金屬面，在其熔點以上則易氧化成氧化錫。熱至 1550°C ，發白焰燒着。

鹽酸可作用於錫成氯化低錫，熱而濃之硫酸可溶解之，發出二氧化硫，硝酸使之變為錫酸 (H_2SnO_3)₅，色白，不溶性，王水極易溶解之成氯化錫。熱鹼作用於錫極速。

錫之用途：馬口鐵，錫藥，合金（黃銅青銅等）箔，裝藥膏用之軟管，化學藥品等。

39. 鋅 鋅礦以方鉛礦 (ZnS) 及菱鋅礦 (ZnCO_3) 為主，鋅之提煉與銅相似亦與礦區遠離，緣礦中所含之硫氧化後成二氧化硫，可製硫酸，即可就工商中心城市銷售之。煉鋅礦有二法，(1) 電解法，(2) 燃燒法。

(1)將煨燒過之礦浸於硫酸使成硫酸鋅，而後通電析出，此法所得之鋅較老法純粹，故發明雖遲但近年來擴張甚速也。

(2)此還原法與他種金屬不同之處為不用熔劑，而以蒸餾法取得鋅。還原時溫度約 1100°C ，鋅之沸點為 918°C ，故鋅之蒸汽能與氧等迅速作用。故必需在密閉而多量碳質之曲頸甌內行之，其蒸汽須在其熔點 420°C 以上凝結，否則結成極細之粒子不能熔化成塊。

方鋅礦不能直接用碳還原之，必需先煨燒成氧化鋅然後可以還原，又碳酸礦及矽酸礦亦需煨燒使 CO_2 及 H_2O 除去，否則在蒸餾時，鋅之蒸汽極易與之化合成氧化鋅。

蒸餾所用之曲頸甌係陶器，將礦砂與白煤(40~75%)混合後放入，甌底所用之燃料用煤或煤氣均可。鋅還原後所成之蒸汽通入陶製冷卻管，凝成液體積於管底，鋅汽驟冷則變成藍色粉末，可回入曲頸甌重行蒸餾之，製成鋅錠出售。

鋅之蒸汽放入空氣內，即燃着生白烟即氧化鋅是也。橡皮中加以增加堅韌度，及油漆中用作潔白顏料。

鋅錠用以製造洋鐵皮或黃銅等，雖含鉛或鎘亦無妨，如欲精煉則有下述二法焉。

將鋅在低溫熔化之，凡不能成合金及氧化之物質浮至液面而撇去之。鉛與鋅鐵合金沉下排除之，如此所得之鋅所含之鉛不致超過 1.25%。

將鋅重行蒸餾，方法與前相仿，惟溫度祇須稍在鋅之沸點以上，所得之鋅其純度有 99.9%。

純粹之鋅可以純粹之碳酸鋅加純碳蒸餾得之，或由鋅鹽電解亦可。

物理性狀：鋅之熔點 420°C (787°F)，沸點 918°C ，故易揮發而可蒸餾之。熔融之鋅若驟冷則凝成無定形體，可加展薄，若徐徐冷卻則硬而脆，蓋成結晶體也。普通市售之鋅，在常溫時甚脆，(尤其在不純粹時)。如加熱至 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，則又有展性及延性，且冷後仍然。若熱至 200°C 以上則又變脆，可打成粉末。鋅之硬度介於

銅錫之間，比重 6.860~7.149，張力 5400 磅每方吋。

鋅易鑄造物件，凝固時收縮甚小。

化學性狀：鋅在濕空氣中會生成暗色之膜，蓋附面生出鹽基性碳酸鋅 $[Zn(OH)_2 \cdot ZnCO_3]$ 之故也。在空氣中燃燒有青白色焰，及濃密之氧化鋅烟霧發生。

鋅可溶於各種酸，如含有鉛，鐵等雜質時溶解尤速。純粹之鋅除硝酸外，不能溶解於他種酸內。

鋅溶於熱碱： $Zn + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2$

鋅之用途：主要用途有三，(一)洋鐵皮，(二)黃銅及(三)鋅片，此外如玻璃之蓋，乾電池，油漆顏料，烟幕等。

40. 鎳 鎳之生產每由鋅或鉛之提煉時作為副產品得之。鎳比鋅或鉛更易揮發。故易與他物分離，或用電解法或用鋅以沉澱之。

鎳為帶青光之白色金屬，其硬度在鋅與錫之間。有展性及延性，折斷時與錫相仿能發裂聲。張力為 13,660 磅每方吋，比鋁較大。在 80°C 時性脆可以錘擊之成粉。

熔點 320°C，沸點 778°C，比重 8.604。

鎳在濕空氣內生灰白色膜，在紅熱時燃着生成黃棕色之氧化鎳，雖弱酸亦能侵之，然比較鋅之抵抗力則大。

鎳之主要用途，在與他種金屬做成一種低熔點之合金，以製自動滅火開關，火警電鈴，保險絲。

41. 鎂 鎂之化合物在地球上之量甚多，可佔第七位，最多之礦為苦土 $(CaCO_3 \cdot MgCO_3)$ ，其次為碳酸鎂等。

提煉鎂有二種方法：(a)先將碳酸鎂煨燒成氧化鎂，然後溶化於含有熔融之氯化鎂，鉍，鈉等之槽內而電解之，此法現已不常用之。(b)將氫化鎂，鉀，鈉，等溶化而後電解之。鹼類氫化物加入之後，可阻礙氫化鎂在加熱時之分解。電槽係鐵製作為陰極，中央掛石墨作陽極，須不漏氣，鎂析出於液面而取去之。

鎂之精煉，可將鎂置於鐵罐復熔，加熔劑氫化鎂鈉以除去氧化物，如需要十分純粹之鎂則用蒸餾法。

鎂之製造需電甚費，故與製鋁相仿亦須擇水力發電之地設廠提煉。鎂之價格日就低廉，幾可與鋁相頡頏矣。

物理性狀：鎂為工程上極佳之材料，質輕（密度 1.74）而堅，（張力 25000 磅每方吋）。

鑄作鎂及做合金時，須當心與空氣接觸成為氧化物，翻砂所用之模須乾，否則熱鎂遇水要起作用。熔點 651°C (1204°F)，沸點 1120°C 。

化學性狀：鎂在濕空氣中，表面生成氧化鎂膜甚粘密，藉以保護內部之金屬。

鎂條或粉燃燒時發強光而成氧化鎂，熱時鎂為一還原劑，可奪去二氧化碳中之氧而燃燒於其中。

鎂能分解沸水生出氫氣，能溶於三酸，但鹼則不能與之作用。鹽類溶液尤其在熱時可作用而發生氫，愈純粹則鎂抵抗各種藥品侵蝕之力亦愈大。

用途：與他種非鐵金屬極易成合金，鎂條現用以去除真空管內氣體之用。製造飛機，鎂粉與氧化劑混合，可作照明彈等。

42. 鎳 鎳之礦產極少，現所生產者係從硫鐵礦中得來者（3% 以下），或砒酸鎳鐵礦石。

先煨燒礦石以減少硫質，乃熔化之而得硫化物熔塊（硫化銅與鎳），加焦炭及硫酸鈉同入鼓風爐中。熔化後產物流入罐中待冷，凝結時自然分為兩層，上層為硫化鈉與銅，下層為硫化鎳，下層煨燒使成黑色之氧化鎳，乃在平口爐還原成鎳。

鎳為銀白色有強烈光澤之金屬，熔點 1452°C ，比重 8.35~8.9，其硬度與軟鋼相若。張力為 76000 磅每方吋。鎳可以磁化，但在 340°C 時即失去磁性。

鎳可抵抗多種酸類，但硝酸能溶解之，於空氣內不起變化，故輒用為鍍銅鐵器具，大部份作各種合金。

鎳在高溫度時亦不氧化，並可抗侵蝕，故實驗室用具每多用此，又作觸媒。

43. 鈷 鈷在工業上之用途較少，其礦石多為鈷與砷之化合物如： $3\text{CoO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ； CoAsS ； CoAs_2 。

鈷之性質與鎳極相類似，有銀白色如鎳但稍帶青，較鎳硬可使之鍍於他金屬，但目下鎳之價格廉，故不用之。其張力為每方吋 35,000 磅，比重 8.95，熔點 1480°C (2696°F)。鈷有磁性但不若鐵與鎳，惟在高溫度時可不失去。

在平常大氣中不受任何侵蝕，各種酸僅能徐徐溶解之，但硝酸侵蝕之甚速。

鈷之主要用途為製造合金，加入鋼中以便堅硬及用於高速度機械之金屬，加入鋼中製為永久磁石，磁力強大，顧代價亦昂。

氧化鈷用於陶磁玻璃工業甚廣，油酸鈷用於油漆中為催乾劑。

44. 錳 錳之最要用途為使鋼更為堅韌，故現在無論用何法所製之鋼，均加入錳焉。世界每年錳之產量現為三百萬至四百萬噸之間，大部份即用於製鋼者也。

錳之主要礦石為 MnO_2 ，其他為 $3\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3$ ； $2\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2$ ； $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ；及 MnCO_3 等。

世界產錳最富之地為蘇聯，印度，巴西，非洲，次要者為美國，意大利，荷屬東印度及我國。⁽¹⁵⁾

製鋼業所用之錳，先設法使之成為合金，其一為含錳 75~81%，碳 5~6%，其餘為鐵。其二為含錳 15~20%，碳 5%，均在鼓風爐中以礦石煅燒之。因氧化錳易進入礦渣之中，故此時所需之石灰量較多，使之不易生成矽酸錳。用焦炭之力亦需較多，高溫時錳揮發逸去，其損失可至 15%。

錳質硬脆，往往做成合金，絕鮮單獨用之為建構材料者，比重 7.39，熔點 1260°C (2300°F)。

在空氣中極易氧化，能溶於酸，與沸水亦能化合生成水化氧化錳及氫。

錳易使氧化鐵及硫化鐵變為錳之化合物，而此種化合物不溶於熔化之金屬內，可入礦渣而除去之。

氧化錳在陶磁業中用作色料，在玻璃業中用以褪去鐵色，電池中亦用之。

45. 鉻 鉻之主要礦石為鉻鐵礦($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)，次要者如 PbCrO_4 , Cr_2O_3 。鉻鐵礦有四種用途：(1)耐熱材料，(2)製造鉻之化合物，(3)製鉻鐵齊以用於鋼鐵，(4)煉鉻。

(1)將礦石與少許石灰混和作成磚塊，煉鋼爐內部除此外無較好之耐火材料堪以勝此者。(2)重要之鉻化合物為鉻酸鈉及氧化鉻。(3)在電爐中以碳還原： $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{C} \rightarrow \text{Fe} + 2\text{Cr} + 4\text{CO}$ ，但金屬鉻甚易與碳化合，此點為製鋼時所不需者。(4)以氧化鉻被鋁所還原：所得之鉻有 99.5% 純度。 $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Cr} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 。

鉻有青白色金屬光澤，較玻璃硬。擦光時光亮如白金然。比重 7.1，熔點 1615°C (2939°F)，沸點 2200°C (3992°F)，在熔點時並不能流注自如，高溫時可被氧化成綠色之氧化鉻。

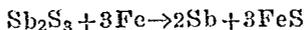
鉻之一半用於鉻鋼齊，使鋼既硬且韌，並可抵抗侵蝕作用(作不銹鋼)。

鎳鉻齊之成份如后：(1)鎳 80%，鉻 20%；(2)鎳 60%，鉻 15%，鐵 25%。此物電阻力極大，熱時並不氧化，適用於電阻圈及電爐線圈。

鉻鉻之液體為鉻酸(25%)，加硫酸鉻硼酸鹽，磷酸鹽等。所用電量約為每方呎 100~125 安培，如過低即不能析出。用鉛為陽極，鍍上之鉻以薄為佳。普通只有 2/1,000,000 吋厚。

46. 銻 主要銻礦為輝銻礦，中國產藏為世界冠，(佔全世界產量之 90%)，此中 95% 由湖南所產。

將礦石煨燒成氧化物，然後以碳還原之即得金屬銻，亦有與鐵片同熱者亦得之：



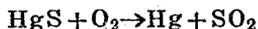
又精煉鉛，錳，鋅，銀時亦可得之。

銻具銀白色，硬脆，以錘擊之成粉。比重 6.62。熔點 630°C (1166°F)，在 1600°C 時揮發。加熱時能具藍色火焰而燃，並生成白色之

三氧化錫粉末。

錫往往與鉛，錫，銅做成合金，使之堅固而富流動性，故鉛字之鑄造用此。又戰時所用之金屬，及低熔點之合金亦均用之。

47. 汞 汞之產量最富者為西班牙，其次為意大利，其礦石大部為硃砂即硫化汞是也。煨燒後汞即游離出來，



汞揮發引入冷凝室使之凝集。然後以麻布榨過之使與灰塵分開。再以硝酸洗淨或重行蒸餾，使銻鎘等變為氧化物而除去之。

汞為唯一的液體金屬（在平常溫度時），熔點 -38.9°C ，沸點 357°C ，比重 13.59。汞可溶於熱濃之硫酸，及冷硝酸內，除鉍與鐵外諸種金屬均能與之合成汞膏。

汞可製造炸藥，硫化物用以着紅色於橡皮。

48. 合金 以金屬併成合金可增多需要之性質，而減少不需要之性質，例如合金往往比較原來之金屬為硬，故能耐磨擦，又比較的易熔，比較的不易導電或熱。

合金之生產成本較廉，其比重大概為比較的重。其延性亦比較的大，張力亦然。

目下最為有用及有希望之合金為鋁與他種金屬所合併者，有鋼樣之張力，並有鉛樣之輕而耐於侵蝕，茲擇其一例之成份如下：

銅	4%	鎂	0.5%
錳	0.5%	鋁	餘量

其機械的性質錄如下表：

德國銀，色澤銀白能抵抗侵蝕，以之製裝飾品甚宜，其成份如

表 8 鋁合金之機械的性質表

合金性狀	張力(每方吋磅數)	屈服點	引長(2吋之%)	硬度*
鍛煉	25000~35000	7000~10000	14~22	45~55
熱處理	55000~63000	30000~40000	18~25	90~105

*布林耐爾硬度，500 仟克荷重，10 毫米球。

后：銅 55%，鋅 25%，鎳 20%。

焊藥乃一種易溶化之合金，用以焊接別種金屬之用。

第五章 鋼鐵

49. 引言 鐵之為物各處均有，惟真正純粹之鐵則幾絕無，蓋鐵在空氣與水汽之中甚易變化也。

赤鐵礦 Fe_2O_3 成份與鐵銹相同，通常含鐵 55~58% 以下，顏色紅，櫻，或黑。以之在瓷板上劃之有紅痕發生，可為檢別之法，此為最普遍而又而最重要之鐵礦。

磁鐵礦 Fe_3O_4 含鐵最多(72.42%) 硬度最大，在瓷板上劃之有黑痕發生。有磁性。瑞典所產者品質甚佳云。

褐鐵礦 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 為含水(15%)之赤鐵礦也，有鐵份 40~50%。

菱鐵礦 $\text{Fe} \cdot \text{CO}_3$ 含鐵 30~40%。

硫鐵 FeS_2 純粹者亦可含鐵 47%。

煉鐵之化學作用為利用焦煤以還原氧化鐵，使成金褐狀態之鐵，此變化在甚高之鼓風爐內行之。此爐之上部溫度為 250~800°C，中部為 800~1250°C，下部為 1250~2000°C。大爐每 24 小時可鑄鐵 400—600 噸。注入模子成錠即為鑄鐵是也。

50. 鑄鐵 鑄鐵乃鼓風爐出來之鐵，係鐵與碳之合金，錳雖亦為是種合金，但所含碳素較少，富展性，較純粹。煅鐵則含碳渣較多。

下表所列係鑄鐵之成份：

碳	3.50%	磷	0.75%
矽	2.00%	錳	0.70%
硫	0.05%	鐵	93.00%

是中元素大抵成化合物，鑄鐵中之純鐵在半數以下。碳成碳化鐵 Fe_3C ，矽成矽化鐵 FeSi ，磷成磷化鐵 Fe_3P 或 Fe_5P_2 ，硫成

硫化鐵 FeS ，錳成碳化錳 Mn_3C 或硫化錳 MnS 。

鑄鐵中之雜質事實上為不可避免者，而其性質之所以有不同者，亦全倚此等雜質為依歸焉。

鐵中無其他雜質時軟韌，富展延性，煅鐵近乎此，碳質在鐵中呈游離狀態者為石墨軟而成薄片，比重 2.25（純鐵 7.86）。碳與鐵化合所成之碳化鐵為鋼鐵中最硬之成份，其硬度及脆性與玻璃相若。

鑄鐵分灰白兩種，前者有石墨，後者碳質全行化合。白鐵硬脆不經衝擊，但能耐摩擦，其用途比灰鐵較少。灰鐵性軟，易熔，流動性及易改變其性質，其缺點為張力小，不富有展延性。

鑄鐵之性質視其中碳質存在之情形而有變化，茲錄表於下以示其大略：

表 9 鑄鐵之性質

性 質	用 途	碳 化 鐵	石 墨	鐵 色
耐衝擊	機械	少許	——	灰
軟	機械	少許	——	灰
固化時膨脹	裝飾	——	多	灰
流動性(鑄)	管子	適量	——	灰
張力	車輻	適量	——	灰
不滲透	水筒	——	甚少	甚灰
硬度	輪盤	多	——	近白

鐵亟冷時碳成碳化鐵，因使某部份變為硬性。

鐵之性質全視其中碳質之情形而變化，而碳質之情形又依其他雜質之多寡而不同，茲分述如后：

矽在鐵中含量約 0.5~3.5% 成矽化鐵，矽能使碳化鐵分解為鐵及石墨，使鑄鐵軟化易鑄，去除氣孔，如加多三倍量之矽則所成之鐵，可以耐酸。先配合金如下：

矽	14.25~14.50%
碳	0.75~0.85%
錳	0.30~0.60%

但此種鐵之張力小，脆性大，不易鑄作。

優良之鑄鐵所含硫質不超出 0.07%，硫大部份與錳化合能使碳成化合物狀態，使鐵易熔但為粘性甚大之熔體，故每多氣孔，能增加收縮性及硬度。

磷能使鐵中之碳成石墨，含磷多時使鐵脆弱。

錳使鐵多吸收碳，碳化錳使碳成化合物態而硫化錳則不然，錳使鐵熔化較難，多量存在時使鐵堅韌。

表 10 鑄鐵之成份與性質之關係

成份與性質	軟	中	硬
矽%	2.2~2.8	1.4~2.0	1.2~1.6
硫	<0.085	<0.085	<0.095
磷	<0.70	<0.7	<0.7
錳	<0.70	<0.7	<0.7
張力，每方吋	18000 磅	20000	22000
橫斷力，每方吋	2000	2200	2400
偏轉，不少於	0.1吋	0.09	0.08
收縮，每呎不過於	0.127吋	0.136	0.148
冷硬，不過於	0.05吋	0.15	0.25

熔鐵內所溶解之氣體，在固化時不能全溶而逸出，因此有氣泡發生。是種大都為氫氮及氧化碳，錳與矽可以制之，鋁亦可用之。

51. 煨鐵 煨鐵甚軟富展延性，驟冷之亦不變硬，可以焊接。

52. 鋼 鋼之為物鐵多碳少，較鑄鐵為純，其他雜質如碳，矽，硫，磷等均少，但比諸煨鐵則碳又稍多，錳亦較多。

表 11 鋼鐵成份之比較

種類	鐵	碳	錳	硫	磷	矽
鑄鐵	91~94	3~4.5	0.5~2.5	0.025~0.1	0.03~1	0.5~3.5
鋼	98~99.5	0.05~1.75	0.2~1	0.01~0.05	0.002~0.1	0.005~0.3
鍛鐵	99~99.8	0.05~0.25	0.01~0.1	0.02~0.1	0.05~0.2	0.02~0.2

鋼之製煉方法雖多，然殊途同歸均為除去氧化鐵中之雜質，以

使之更爲純淨而已。

53. 鋼鐵之電冶法 利用電以煉鋼鐵之方有二，述之如下：

(1) 電熱法：只用其熱能並無電化學作用。甲、煨燒鐵礦以造鑄鐵，惟此法在瑞典等處可以利用。乙、煉鋼與平爐法相似，費用雖貴然品質優良。丙、液體鋼之精煉。

(2) 電解法：純爲電化學作用。甲、將鑄鐵，煨鐵，鋼片等電解之使生純粹之鐵。乙、直接從礦石電解出鐵來。

電爐之構造可分爲二大類：

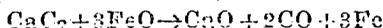
甲、感應式：爐心金屬以電阻所發之熱熱之。

乙、電弧式：可分下列數種：(a) 利用間接電弧在爐心之上而熱輻射下去，(b) 利用直接電弧，爐心作導體，電極懸於爐心，金屬在電弧中央，(c) 利用直接電弧，但爐心爲非導體，電流之出入全在爐心上面之電極。

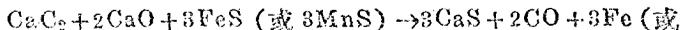
用電爐自鑄鐵做鋼之步驟如下：

氧化：與鹽基性平爐式之初步相仿，用鹽基性氧化熔劑(石灰與礦)，此法不用燃料，故毋需乎空氣之引進。氧化劑僅爲礦石一物，故氧化之程度極易管理，且溫度較高作用自速。迨各種雜質均除去後，乃放去氧化性礦渣(黑色，因有金屬氧化物之緣故)，而加以還原性熔劑(所成礦渣爲白色者)。

還原：在柏塞滿與平爐法中，硫及溶解氣體，氧化物等總不能完全除去之。坩堝法雖較佳，但費用大而產量小，當此還原時期磷酸物必須除去，(含於氧化性礦渣內)，否則產品中含有磷質。所用熔劑含 5 份石灰，氧化矽與氟石各 1 份，礬(無烟煤) $\frac{1}{2}$ 份，完全隔絕空氣，漸漸升高溫度，當鋼還原時礦渣漸變淺淡之櫻色，一小時後礦渣中生成碳化鈣，鋼存於此礦渣之下，直至氧與硫完全除去。此碳化鈣極爲重要，蓋係一極佳之還原劑也。



並能除去硫：



3Mn)

加料：此後乃加入砂，錳，鉻，鈳等需要之物(均與鐵先做成合金)鎳則可於氧化期先行加入，然後使鋼靜置 45 分鐘，使礦渣及氧化物浮起。全部時間約 4~5 小時，每噸費電約 100~200 度。

鐵之電解：用鐵鹽(氯化低鐵，硫酸低鐵)之溶液電解之，陽極為鑄鐵，陰極為磨光鋼板，鐵即鍍上於斯。又他法所不用之硫化鐵礦，於此電解液可以利用之。

產生之鐵或脆或富展性，視操作之情形而定。純鐵比鋼還柔，價廉，堅固，經久而耐熱，其耐侵蝕之性質且過於銅，鉛。

54. 特種鋼 特種鋼者除含碳質以外，尚含他種金屬也。例如鎳，錳，鉻，鎢，加入此種金屬後，鋼之性質變化初非意料所及，結果不一定，故必需實地試驗。

(a) 鎳鋼：為特種鋼中之最普遍者，含鎳 3.5%，碳 0.5%，其彈性限度較諸不加鎳之鋼超過 50%，而延性只少 20%。對於驟加及往復之應力可以勝任，故橋樑，汽車，飛機等均用之。質硬但鑄造仍便當，可作鐵路軌叉，含鎳 22~24% 者用於電熱器具，如熨斗等，

鎳鋼不易被侵蝕，含鎳 30% 者用製鍋中水管最佳，含 36% 時其膨脹係數為零，可用於鐘錶內之輪擺等。

(d) 鉻鋼：含鉻 3% 以下，碳 0.8~1.5%，使鐵堅硬不少，可以做銼刀磨石粉機，鋼珠等。

(c) 鎳鉻鋼：兼具以上兩種特種鋼之優點，可以之製造軍用鐵甲板，應用甚廣，如汽車零件等均需之。其成份普通含鎳 1.5~3.5%，含鉻 0.6~1.5%。

(d) 不銹鋼：茲舉一種例樣之成份：碳 0.07~0.15%，矽 0.75% 以下，鎳 8~10%，鉻 16.5~19.5%。此鋼富展延性，易鑄作，絕不生銹，抵抗酸類及火焰，並不磁性化。可以製造廚房用具，跑冰鞋，水表，酸液唧筒，化學設備，及建築材料等。現在不銹鋼已取鍍鉻鐵之地位而代之。

(e) 鈳鋼：含鈳 0.12~0.15%，碳 0.25~0.55%，錳 0.5~1%，

通常再加鉻或鎳 1%，減少氣孔，此物極易與氧化合，故宜於加入錳碳之後而加此，否則損失。此鋼與鎳鋼近似，但此鋼甚易焊接。

(f) 鉻鈹鋼：與鉻鎳鋼相似，尤易鑄作而無表面之缺點，如縫隙等，延性及彈性限度亦較佳，張力 250,000 磅/每方吋。

用途可製車軸，彈簧，鎗廠等，做彈簧者含鉻 1~1.25%（他種用途時 0.8~1.1%），含鈹 0.15~0.25%。

(g) 矽鋼：有二種，一種用於電機（含矽 3~5%），一種用於機械，有磁性，故製造發電機最佳。

機械上用者含矽 1.5~2%，錳 0.5~0.8%，碳 0.5%。用作汽車上之葉狀彈簧，價亦較廉。

55. 自硬鋼 (a) 錳鋼：含錳 12~14%，碳 1~1.3%，漸冷之下則硬脆而無延性，若加熱至 1000°C 以上，而投入油或水中，則富延性與韌性，而張力亦大增，但仍硬，不良導熱，熔點較低 1360°C。需要耐磨擦及堅硬之物用之甚佳，如磨石機，鐵軌。

(b) 錳鎢鋼：含鎢 9%，錳 2.5%，碳 1.85%，硬而經用，切硬物工具用之甚佳。

56. 快速鋼 快速鋼者鋼在紅熱時尚堅韌，有許多快速率之機械因摩擦而生高熱，故此種機械皆賴是鋼 成份含有鎢，鉻，鈹。

成份大概如次：鎢 16~20%，鉻 4%，鈹 1%。

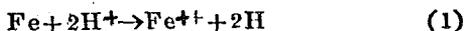
第六章 腐蝕

57. 引言 工業上應用最多者厥為鐵，銅，鉛，錫，鋅五種金屬，就中尤以鐵之用途最繁，而亦最易生銹失去效用。此種腐蝕作用乃金屬與周遭空氣水份中之陰元素化合成不溶性之化合物所致。

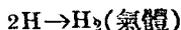
鐵銹之化學成份為 $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ 。關於鐵銹之理論甚多，比較的以電化學說為最妥善，認為鐵為陽游子與周遭物質發生一電位差而成電池作用，鐵乃源源溶化。其電極之所在可以下列情形

定之(1)金屬附近區域成份之不同，(2)表面裂開生成原始氧化物膜層。

58. 腐蝕之化學作用 鐵變為低鐵游子，同時放出氫被空氣中之氧氣所氧化而成水，於是電池作用繼續進行焉。

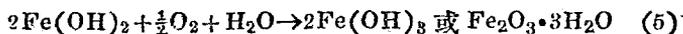


在普通情形下，氫未必放出，除非水中確無氧氣如密閉器具等，則有微量之氫氣發生。然氧既少則腐蝕作用亦減退，



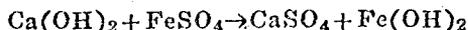
在平常之水內鐵銹之速率，依其中溶解氧之量為斷，故(2)方程式為決斷腐化速率之關鍵。

還有一化學作用亦為氧所管制，即鐵游子與氫氧游子化合成氫氧化低鐵，然後再氧化為氫氧化高鐵，此物不溶性故可



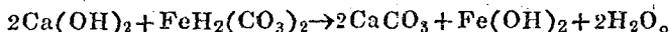
使鐵游子繼續由溶液中取出。如此減少離子之滲透壓而促進腐蝕作用，因減少作用(1)之阻力也。

硬水中所含之硫酸鈣有一部份電離成 Ca^{++} 及 SO_4^- ，於 Ca^{++} 則至陰極成氫氧化鈣， SO_4^- 至陽極成硫酸鐵，此二物均為可溶性互相化合而成氫氧化鐵，



繼續生長直至後來沈澱生成。

又硬水中所含碳酸氫鈣亦復如此，



59. 腐蝕與他物之促進作用 鐵欄杆用鉛裹住於石中，鐵與鉛之接觸處最易腐蝕，因鉛為電池作用內之陰極，若易以鋅則無妨矣。又灰燼亦極易促進金屬之腐蝕，並且往往含有二氧化碳二氧化硫等氣體，遇水變酸，故水管等須用各種方法保護之，如厚塗瀝青，或管之周圍包以粘土。

電流通過液體與金屬則其游子化之速率增加，即腐蝕增速，而其程度則視電量與時間而定。最易發生此種現象者，如水管之接頭處，管子與地土，金屬與濕木或泥磚，鋼骨與水泥，但腐蝕者均屬陽極部份。此種腐蝕現象往往不露出外面，不易為人發現。

60. 防銹 最重要者為油漆，容於後章專論之。普通水管上塗一種特別之混合物 (Angus Smith Solution)，其成份為煤膏，牛油，松香，石灰，煮沸後將擦淨之管子浸入，取出冷後即自乾固。

以他種金屬鍍於鋼鐵之表面，有下列幾法，浸鍍入熔融之金屬，電鍍，噴粉，但鐵器均需慎重清潔(用酸處理)。

鐵板鍍鋅有三法：(1)熱浸法，(2)電鍍法，(3)乾粉法。(1)法大都用於水管，洋鉛皮，面上因鋅之結晶往往有花紋星斑此斑紋之大小視冷卻之快慢而定。(2)法用鋅鹽之水溶液電解。(3)法以鐵器與鋅粉在旋轉鼓桶中熱之，如須厚鍍則先用(1)法，然後(3)(2)續用，如此可以經用。在鹽水中鋅易溶去，可改用鋁，但如有孔隙則立起腐蝕作用。

近時汽車上零件如螺絲釘等，有用鎳塗鍍者，粘附於鐵比鋅鍍稍勝一籌。

馬口鐵乃以鐵皮經過熔錫及滾筒鍍一薄層，每箱 (112 張，20 × 20 吋)所用之錫 1.4~2.6 磅。

銅鍍利用酸性銅鹽溶液，以置換作用而將銅析出，但易剝落故防銹性不佳。

噴霧法利用氫氧焰將金屬熔化，同時以壓縮空氣送出，其速度為每秒 3000 呎，鐵板相距 6 吋。

鐵上鍍銅，鎳，鉛，錫而有裂縫時，則此等金屬變為露出鐵板之陰極。如鋅則適相反，鋅成陽極鐵為陰極，故前者只要不破裂則防銹力甚佳而經用。

又利用玻璃樣物質與泥土做成釉，上鐵器後處之即生光澤之表面，可以防銹即搪瓷是也。

水泥亦可防銹，蓋本性鹼性能阻止氧之進入，但鐵不宜過於接

近。水泥鋼骨圓者比方者或扭曲者佳，水泥濕拌者佳，因少空隙之生成，故氧無從進入也。

將鐵加熱至 980°C (在密閉爐中)，然後通入 540°C 之水蒸汽，於是發生 Fe_3O_4 氧化鐵膜，亦可防銹。但此氧化物之膜若有破損時，則變為陰極而露出之鐵反而腐蝕加速，普通外面再塗以油，以增加其防銹性質。

貯水之鐵器中可加藥品，使之完成離伏狀態，每百萬份水加 200 份重鉻酸鈉及 60 份苛性鈉，或 80 份純鹼，又用鉻酸水溶液噴洒亦可防銹。此法用於盛熱而髒之鐵器最佳，蓋油漆亦要被毀且洗不勝洗也。

鐵中加銅 0.2~0.4% 即可使之不銹，加鎳 30% 亦然，加鉻 16~20% 亦然(不銹鋼)。碳之影響尚小，硫則加速腐蝕。

第七章 建築石料,沙,石灰,水泥,陶土

61. 建築石料 適用於建築之石料除具有機械的強力外，尚需下列數種性質：持久，色之變遷，對於火燒之抵抗。

(a) 持久性 石料之不能持久者，大率歸原於機械的與化學的兩種原因，請分述如次：

崩解：石料因溫度之變化，可以逐漸崩解成爲極小石礫，但每粒之組成仍舊不變。或由石料內部所含之各種礦物質之膨脹係數之不同；或由冰霜之作用。

分解：石料經化學作用而變成新的化合物，其主要之化學作用爲水化，氧化，碳酸之侵蝕。

含碳酸根之石料如石灰石，苦土石，大理石，沙石等，對於空氣之含二氧化碳與二氧化硫者，頗受不良之影響，即變爲可溶性之化合物，而爲雨水所沖洗。

表 12 石料之持久比較

石 類	持久年數	石 類	持久年數
粗櫻石	5~15	細法國石灰石	30~40
細邊櫻石	20~25	大理石,粗苔土	40
堅櫻石	100~200	大理石,細苔土	60~80
藍石(沙石)	數百年	大理石,細	50~100
粗石灰石	20~40	花崗石	75~200

(b)色之變遷 有幾種石料在建築物內,經相當時間後會變色,如粉紅色之花崗石變淡色等。但色之褪去,並不一定即為石料老弱之表徵。

沙石,花崗石,及含鐵質之他種石料,常因鐵質之氧化而變換其色彩。如硫鐵礦石之漸變為深色櫻紅,或因受酸之作用而褪色。

(c)火燒之抵抗 當建築物着火燃燒時之溫度,幾乎無一種石料可以耐之。比較以沙石為最耐燃燒,花崗石最不經燒且驟冷後立即龜裂。石灰石在 600°C 以下時無變化,超過此溫度則分解為石灰與二氧化碳。

(d)石之種類 按石之成因可分為二大類:

火成岩由從前熔融之物質冷卻而成。

水成岩由他種岩石分解之物,被水流沖積聚成堅硬石塊。然石之構造或化學組成,每因熱力,壓力等而變化,甚至其起源屬於何種石類亦不能分辨之。

火成岩之組成大都為氧化矽(約 35~80%),次為氧化鋁,茲舉一梗概列表如下:

氧化矽	59.71%	氧化鎂	4.36%
氧化鋁	16.01%	氧化鉀	2.80%
氧化高鐵	2.63%	氧化鈉	3.55%
氧化低鐵	3.52%	水	1.52%
氧化鈣	4.90%	其餘	1.00%

火成岩又可分為下列三種:

(1)花崗石:主成份係石英,長石,雲母。石英乃天然之氧化矽,其色澤每依其混雜物而不同,堅硬,比重 2.6,不易熔化,能抵抗酸

之侵蝕(氟酸除外),故對自然界之風化作用殊少影響。

長石係氧化鋁之矽酸物,常混有他種金屬之氧化物,其色為白,灰,粉紅,淡綠。鉀長石, $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, 為粉紅色。鈉長石普通存在於花崗石內。長石經風化可成粘土,花崗石風化所成之土帶沙性,因其含有石英故也。

雲母在花崗石中有二種,其色或白或黑,前者為氧化鋁,氧化鉀之矽酸物,後者更含鐵與鎂之矽酸物

花崗石之灰紅色者抵抗風化之力較強。黑色綠色者即不能持久,帶白色或黃色之花崗石,乃長石與雲母風化之結果。

(2) 灰褐石:主成份係鈉長石與角閃石,含氧化矽甚少,紋理精細,堅硬而重,色自灰褐至綠黑,因含多量之鐵質,易碎無整塊堪供建築用者,甚易風化,但以此供砌路,混凝土等用途,則極適宜。

(3) 蛇紋石:主成份為氧化鎂之矽酸物,含化合物約 13% ($3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$),柔滑易磨光,充室內之用甚佳,若用於室外之建築,則因易被風化,碎裂褪色,(本為綠色)等關係不適用。

水成岩可分成下列數種:

(1) 石板:係海底積成之硬性粘土所成,自火成岩所變成者僅少數耳。其成份為氧化鋁,氧化鈣,氧化鎂等之矽酸物,並有 3~4% 化合物,最普通之色為藍灰,其他有黑,綠,紫等顏色。石板含有綠色之碳酸低鐵,極不安定,易氧化成棕色之高鐵化合物。

(2) 沙石:係石英粒由他物結集一處所成,每為氧化矽,氧化鐵,碳酸鈣,粘土等,其他如雲母,硫化鐵等亦往往同存。

紅色或紅褐色由於其中氧化鐵之原因,黃褐色由於水化氧化鐵,微綠色由於硫化鐵,碳化鐵,矽酸鐵。

含矽素之沙石,對於風化侵蝕之抵抗力較強,含鐵者次之,含鈣素者色類多淺灰,雖甚堅牢然柔軟易琢,含粘土者持久性最劣,十數年即崩潰不堪應用矣。

(3) 石灰石:普通之石灰石每同時含有氧化鐵,氧化矽,粘土等含有碳酸鎂者即為苦土。石灰石之色有白,灰,藍,黑諸種,其硬度

並無一定,其壽命還不及沙石,遇水中之碳酸則溶解焉。

(4)大理石: 石灰石之結晶堅密者為大理石,其色有雪白,灰黑。他如紅,黃,綠,櫻均由於鐵質之存在也,其壽命與石灰石相仿。

62. 沙 本文所論之沙係供翻沙鑄鐵型之用。可分二類,一為模子沙,二為心子沙。

(a)模子沙 模子沙實即沙與粘土之混合物也,後者含量多時則用作鐵,黃銅,及鉛等之模子;後者含量少時則用作鋼模,此種混合物有天然者,亦有人工配合者。前者由石類風化所成,溫度之變化與夫機械的擦損;水化與氧化作用及碳酸之作用,水之浸漬等在在均有關係存焉。風化所成之沙土,有仍留原址者有轉移他處者。

模子沙之化學成份如下表:

氧化矽	70~90%	氧化鉀及鈉	少於5%
氧化鉛	5~12%	氧化鈦	少於1 $\frac{1}{2}$ %
氧化鐵	少於6%	灼熱減重	2~4%
氧化鈣	少於2%	游離氧化矽(石英)	52~83%
氧化鎂	少於1%	粘土	12~30%

模子沙需有耐燃性否則在注鐵時,其間空隙勢將因熔融而塞阻。製作輕而光之模子需細沙,重模則用粗沙。沙中含粘土較少者,其滲透性大,濕沙亦然。

沙之凝集力視下列數條件而定:(1)沙中所含粘土之數量,種類及情形。(2)氧化鐵之有無。(3)粒子之大小,粗細之分佈,粒子表面之性質。(4)沙中水份之數量及分佈。

模子沙久用後其粘着力會漸消失,宜添新沙或新泥。沙之滲透性大者不易毀壞,蓋熱氣易排泄,使近鐵之沙層溫度較低,含水稍多亦可增加沙之壽命。

製鋼,鉛等非鐵金屬之模,須用細而少粘土之沙,因溫度較翻鐵模為低,故沙之壽命較長。

(b)心子沙 作小心子之沙可不含粘土,甚至完全用石英粉亦可。作大心子者可用 $\frac{1}{3}$ 模子沙,因此使之含有粘土6~7%。假使粘

土太多則減少其滲透性，及使心子結硬難於洗去。粘着劑普通用澱粉，糊精，松脂，油以及其他有機物質。

心子沙需具備二種條件，滲透性及凝集力大。粘土雖能增強其凝集力，但同時減小其滲透性故不宜多用。而粘着劑尚矣。常用者有如下述數種：粘土；水溶性粘着劑；糊狀粘着劑；松脂與瀝青油。

粘土與沙相混粘着甚佳而且便宜，但小心子不能用之，即大心子亦祇能用 6~7% 以下。

水溶性粘着劑之常用者為糖漿，及作紙漿之亞硫酸濃汁。

糊狀粘着劑最常用者為麵粉及糊精。

松脂普通加用粘土等他種粘着劑，瀝青與煤膠用於大心子。

油之用作粘着劑者有亞麻油，桐油，豆油，棉子油，玉蜀黍油，魚油等，大概 80 份沙用油 1 份。

(c) 襯料 襯料用以塗於模子，以阻制沙與氧化低鐵所生成之膜，此種材料須易展開，耐熱，細勻。

烟煤可使沙愈加多孔性，但須含揮發物至少 35%，灰份至多 8%，硫至多 1.5%。鑄大件時沙 10 份，用煤粉 1 份，鑄小件時沙 14 份用煤粉 1 份，煤粉必需極細，否則模子上有斑點發生。

最佳之襯料為石墨，其次為焦煤，滑石等。

(d) 鋼模用沙 因鋼之熔點較鐵為高故用沙必須耐高溫，而粘土參加極少 (3% 以下)。此種沙含氧化矽 97~98%，將沙粘土及粘着劑混和後，加水 3~4% 拌之。

63. 石灰與石膏

(a) 石灰 將石灰石在密內燒之 ($900^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$)，則得石灰其作用如次式， $\text{CaCO}_3 + \text{熱} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

石灰之比重為 3.08~3.37，石灰中含氧化鎂 5% 以下者可稱為上等石灰，在 5% 以上者稱為鎂石灰 (普通含氧化鎂 30%)。前者適於製作建築用之膠灰，蓋其消化迅速，膨脹極多，可有甚多之石灰漿也。

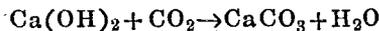
石灰消化時發出大量之熱，其溫度可達 $270 \sim 300^{\circ}\text{C}$ ，足使木

材焦灼。優良之石灰甚至可使溫度升高至 400°C 以上,故裝運石灰最好不使與木接觸以免危險。消化時所用之水, (理論為石灰 32.1%, 作膠灰時大概加倍其量), 須一次加下, 否則有塊粒發生。其容積增加 $2\frac{1}{2}\sim 3\frac{1}{2}$ 倍, 石灰在低溫燒成者較為多孔性, 容易消化, 所得之石灰漿, 可塑性亦大。

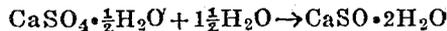
消石灰中加 15% 鋁酸鈣 (一種鼓風爐內所產之礦渣), 所成之灰漿甚有可塑性, 適於塗牆。

石灰漿乾後收縮龜裂通常加 $2\frac{1}{2}\sim 3$ 倍之沙, 如此即制止其收縮性而無龜裂之弊矣。且使全體變成多孔性, 二氧化碳易進入, 因之膠灰易堅固, 寧可多加些沙。

膠灰之乾結, 因吸收二氧化碳而成碳酸鈣結晶, 而將沙粒凝固焉, 但在水中或需強力之建築, 則膠灰不足用矣。



(b) 石膏 石膏係含二分子結晶水之硫酸鈣, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 炒之至 130°C 時, 則容積縮小至原來之 86~90%。而變為只含半分子結晶水之硫酸鈣矣, 即俗所謂熟石膏也。當其再遇水時, 復吸收之而結成晶體, 因是整個成硬塊。



假設炒石膏之溫度超過 205°C 時, 則全部之水被驅出而所成之石膏固結之性大為遲鈍。有時因熟石膏固結太速 (5~15 分鐘) 不便製作, 則特為加入麵粉, 膠等糊狀物質以阻滯之。

64. 水泥

(a) 概論 水泥以石灰, 沙, 粘土三者化合成矽酸鈣, 及鋁酸鈣之混合物, 遇水則固結。

水泥製造可分乾濕二法, 前者將原料磨碎烘乾, 存置倉中待分析之後, 配合原料再加細磨研, 使其 90% 均須篩過 100 孔篩眼, 然後將此混合物送入燃燒密內。後者將原料磨碎加水混和調成泥漿 (含水 35~40%), 存置桶中, 成份較勻而容易調整, 泥漿不必烘乾, 可直接燒之。

燃燒室係旋轉之長鐵筒，內襯火磚，長可 60~250 呎，徑約 5~15 呎，斜擺緩轉（15° 角度，每分鐘 $\frac{1}{2}$ ~1 轉），原料自上端送入，溫度約 1450~1600°C。以煤粉燃於下端，原料經過此長筒出來幾乎熔融，落下使冷，為硬，黑，玻璃樣之物質。然後磨研成粉（至少 78% 須穿過 200 眼篩，加入 2~3% 石膏以為阻滯其急速固結之用，（在磨研之前）。

其化學成份大要如下表：

石灰	60~64.5%	}	氧化鎂	1~4.0%
氧化矽	20~24.0%		氧化鐵	2~4.0%
氧化鋁	5~9.0%		三氧化硫	1~1.75%

水泥成份中氧化鈣對於三種酐之比例，應在 2 左右為最佳。

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1.8 \sim 2.2$$

或
$$\text{CaO} = 2.8\text{SiO}_2 + 1.1\text{Al}_2\text{O}_3$$

或
$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 2.5 \sim 4.$$

含石灰太多則水泥易脹而裂，太少則固結太速，含氧化鋁多者亦然，含氧化矽太多則固結緩慢而初時脆弱，氧化鎂須在 5% 以下，三氧化硫須在 2% 以下，（相當於硫酸鈣 3.4%）。

水泥初結時如露於空氣中，其固結之時間將延長。因水泥吸收空氣中之水份成一不滲透之膠體，因之使水透入內部，水泥之速度降低，故固結遲緩矣。同理舊貨比新貨固結較緩。

水泥粒子愈粗，內部粒子即不易水化。設固結之水泥重行磨細，與水配合可得更堅之成積。

水泥薄者固結較緩，熱度加速其固結且使堅強，冰凍使水泥薄弱，加食鹽或氯化鈣可使水之冰點降下，因之使水泥可於 32° F 以下固結。但所成之混凝土強力亦不大，且易致鋼骨之腐蝕。

水泥中缺少沙質，或太多水份時則易拆裂成紋。

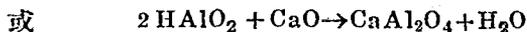
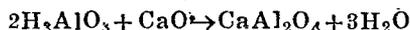
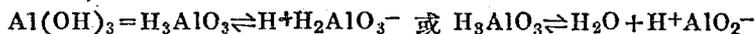
混凝土受熱至 300°C 時則崩解，因其中之化合物均被驅出也。

碳酸及硫化氫(溝渠污水,均能發生),使水泥損壞。祖嶽之水泥在海邊者,因海水中鹽類之結晶分出,每使之崩潰。

富於氧化鋁之水泥可得早期之強度,及抵抗含有硫酸根之水之侵蝕作用。此種水泥之原料用石灰石及水礬土,其化學分析大概如下:

氧化砂	5%	氧化鈣	42%
氧化鋁	42%	雜質	1%
氧化鐵	10%		

此種水泥在窯內須燒至熔融,然後傾出,且不需加用石膏。其固結之化學作用,可以下式示之:



水泥之物理試驗包括:健全性,抗壓強度,細度,凝結時間,及比重。水泥當貯藏於高爽之地,以布蓋遮,並阻止濕空氣之侵入。

(b) 混凝土 混凝土配合時若用水太多,則增加其多孔性,含碳酸氣之水不可用,含食鹽之水亦然,(含 5% 時即可減少其強度 30%)。

所用之沙宜粗而潔淨,如含雜質 10% 以上須洗淨之後始可應用。所用石粒以花崗石,沙石,石灰石等為佳,如應用冶鐵爐中之鐵渣,則須慎防鐵之混入。

造路所用之混凝土配合量如下:石子 5 份;沙 2½ 份;水泥 1 份。

防濕之材料有三種:透明膜,不透明膜,煤膜。透明膜之老式者為用肥皂及明礬之溶液交互塗刷,所成鋁皂充塞於孔隙之內,且為不溶性故賴以防濕焉。石蠟亦可用,但如水玻璃或鉛,鎂,鋅等之氟矽酸鹽均屬之。

水泥面先以硫酸鋅,或乾酪素漆塗上,乃用油漆刷上,如顏色不足重輕者,可以柏油(煤膏)塗之。

牆壁內部用地氈青夾和，外表塗以石膏。

防水水泥中可加入消石灰或鈣皂，或以地氈青浸過之布遮蓋之，(對於水泥之強度可無影響)。

65. 陶土

(a) 粘土 純粹之粘土曰高嶺，其化學式為 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ，色白，由於石之風化而成。大部由於長石所化成，但種不被風化之成份如石英等，每和於土中(此種即為沙土)。其他物質如氧化鐵，石灰，氧化鎂，鉀，鈉等常混入焉。

粘土最重要之性質厥為有可塑性，及燒後變堅硬。造磚之泥需擇其燒後不致變形者，而具有硬度，多孔性，及顏色。不能含有石灰石，否則磚中包含石灰將來吸入水份因脹而破裂矣。太粘稠之泥燒後收縮甚大，故亦不宜用之。高嶺須與沙、火泥等混和(約9%)後可用，且可使磚之硬度增進。

泥中所含鈉，鉀，鈣，鎂等，能與石英在燃燒時化成熔融化合物，故命名曰熔劑。如無此類物質存於泥中，則燒成之磚質鬆多隙，如多含此類物質則泥燒後可成玻化狀態。

泥中每含矽酸鐵(無色，水化物)，燒後分解為氧化鐵、氧化矽、水三種。在氧化氣氛內燒成紅色，還原氣氛內因生成矽酸低鐵，發生紫灰色甚至黑色。粘土中如無鐵之存在則燒成白色，石灰有漂白鐵色之作用，故泥中多石灰或少量氧化鐵者可得淡黃色。

(b) 磚 軟泥法：將泥與水調成厚糊壓入木型，預先以沙鋪過使取出時便捷。硬泥法：將泥和水成可塑狀態，但較硬使之通過一長方形之管，在切台上用線割成塊。乾泥法：將泥曬乾至只含水份12~15%時，篩過，放鋼模沖床壓之成型，邊面清楚光滑，用以砌牆面最佳，但燒時溫度如不高，則有粒狀現象發生。

有時上述第一第二兩種方法，所做成之磚型仍再加沖壓。使其表面後角清楚光滑，且使其堅密不易受風化作用之侵蝕，同時並可打商標等花紋於其上。

普通磚燒時之溫度約為 $1050^{\circ}C$ ，沖壓磚為 $1280^{\circ}C$ 。燒磚往往

因溫度太高等原因,所得磚塊發生顏色不正,粗糙,扭歪等弊,全好之磚不過 85% 而已。軟泥法所成之磚成份較勻,不致凍壞,硬泥法之磚每有薄層且易圻裂。

磚面經久之後,往往有白色斑紋發生。此種現象由於泥或水中含有下列可溶性鹽類之故;鎂,鈉,鉀之硫酸鹽,極易吸收水份,待乾燥氣候則復結晶出來,因膨脹關係使磚容易破碎。補救之方在於用水須不含上述之可溶性鹽類,及燃燒溫度提高,使鹼類可以揮發出去,同時使磚塊堅實不容水之滲入。加入氯化鋇亦可除去此弊。

(c)瓦器 坯乾後噴上一層泥漿(含粘土,石英,長石及顏料等),有時再上一層釉,製成各種花樣。建築上所用之空心磚塊,質輕且不傳聲及熱,係由粘土及火泥配高溫燒成,但未達玻化程度。

(d)陶器 屋瓦之製法與磚相仿,玻化之瓦比較能抗凍故耐用。磁磚係用一種泥料燒至玻化溫度,則表面之泥粒即熔化而成光澤之面矣。亦有表面一層之泥與底層不同者,着色之磚不能燒至玻化程度。陶管以粘土壓出,或用石膏模澆出之。乾後燒至 1200°C 時,加入食鹽使其揮發,遇粘土化合成『矽酸鋁鈉』;係光亮之釉,即稱為鹽釉者是也。

(e)衛生器具 衛生器具可分二類,(1)炆器,(2)搪磁。炆器原料用白泥,石英,長石混合,加釉,因稍有黃色,可加氧化鈷少許,調成泥漿濾去粗粒及水,放置地窖以增其可塑性。複形之物,大都先做成幾引,然後再以之粘合。

搪磁坯用之生鐵,其成份該當如下表所示:

鐵	3.5%	磷	1.4~1.8%
砂	2.0%	錳	0.5~0.7%

熔化之鐵澆模型時溫度不可太高,否則有沙粒熔入,使表面不光滑不能上磁釉。但亦不能車光,因如此粒子在表面一層太擠緊。鋼片做成形之後,以鹽酸浸洗,乃燒至紅熱然後水洗,措去磁層(由於酸之處理而來),再經過中和槽(內盛鹼灰及苛性鈉之溶液),然後烘乾。

磁磚質係一種玻璃,其成份為:石英,長石,粘土,石灰以及冰

晶石(使發生乳白色),加3%氧化錫使色發白,礪砂加入以增加其彈性,加碳酸鈉作為熔劑,硝酸鈉作為氧化劑,加入氧化鈉可使礪礪質粘住於鐵面,將各種成份混和後,熔化成玻璃狀態待冷磨細。

鐵器成形後,洗淨磨光,塗底層,待乾,燒至 925°C 而熔化取出篩上第一層礪礪粉末,即速送入窯中重熱待其熔化與底層相合。之後,再加上第二層礪礪,然後取出,放於無塵埃之處涼却。

第八章 油漆

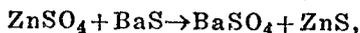
66. 顏料 油漆中之顏料用以充填油膜之細孔,使之堅韌而帶彈性。凡白色之顏料屢入油中,未必白色。如硫酸鋁磨和於油中,則變為透明,立德粉雖能做成白漆,然遇日光之後將變暗,故現在以氧化鋅為白色之標準,顏料需有遮蓋力。

(a) 鉛白 $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, 以鉛條盛泥罐中,底部裝醋酸,堆砌於樹皮中任其發酵,生出二氧化碳及熱量,將醋酸揮發與鉛化合成鹽基性醋酸鉛。然後再與二氧化碳化合而成鹽基性碳酸鉛焉,此法甚慢需時100~130日。此物遮蓋力極大,吸油率小,密緻;比重6.8,用於鋼鐵可制生鏽,但易剝落,用途日就減退。鉛白可完全溶於硝酸,此點可作為試證之用。

(b) 鋅白 ZnO , 製法有兩種:(1)以鋅礦煨燒,(2)以鋅粒氧化而昇華得之,化學性滯鈍色極潔白,為白色顏料中之上乘,遮蓋力及施展均佳。粒細無剝落之弊,乾燥亦快,白色經久不褪。比重5.2可防生鏽,搪瓷中亦用此,但做成之漆,油膜不柔,而無彈性故易坩裂。純粹之鋅白,可以溶解於熱稀硫酸內而並不發泡。

(c) 鹽基性硫酸鉛 $2\text{PbSO}_4 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, 煨燒方鉛礦所生之期氧化後即得此,甚密緻,比鉛白經用,以之塗漆於木,有鉛白之利而無鉛白之弊。比重6.2 施展亦佳。

(d) 立德粉 $\text{BaSO}_4 \cdot \text{ZnS}$, 其製造之化學作用如下式,



其中硫酸鋇佔大部(75%)，以此兩種混合的沈澱燒至紅熱，驟落冷水而水磨之。洗淨，乾燥，然後可為油漆顏料之用。粒細而重，施展甚佳，不受外界氣體之影響。用於搪磁之內部者，不能與含鉛之顏料，或催乾劑同時應用。此物在紫外線及水份之中能變暗，但置於黑暗處所後仍能變白，此弊可加用3~5%之氧化鋅避免之。

(e) 鈦白 $\text{BaSO}_4 \cdot \text{TiO}_2$ ，此物雖係新近發明，但其應用甚廣，漸有淘汰鉛白之概。

以熱硫酸處理鈦礦，以水抽取而濾過，將硫酸鋇懸浮於此水溶液內而熱之，乃成鹽基性硫酸鈦，及硫酸鋇之混合物。放入旋轉窯內灼熱而成二氧化鈦。細輕而吸油量大，遮蓋力比鉛白大兩倍。不易與他物起化學作用，所成漆膜有彈性而軟，不耐摩擦。

(f) 石綿 矽酸鎂有纖維狀態雖磨之至細仍有條狀，故以此和入油漆可防制顏料下沈之弊。甚安定不剝落，但少遮蓋性及不易施展，比重2.7。

(g) 滑石 滑石之結構係屬板狀，其性質與用途與石綿相仿。

(h) 高嶺 為安定白色之粉，甚細，易施展，防制沈降，及剝落，比重2.6，用28%油磨成糊。

(i) 石英粉 安定耐磨損，有施展性而無遮蓋性。

(j) 白堊粉 以石灰石磨細成粉，不易沈降故施展性極好，比重2.8以20%油磨和成糊使漆厚重稍有遮蓋性。

(k) 石膏粉 水磨粉有極佳之遮蓋力，用於鐵器易使生鏽，用於木器則可改善他種白顏料之缺點。

(l) 重晶石 磨碎以鹽酸洗滌去鐵質俾得白色，施展性佳而於油內缺少遮蓋力。

(m) 普魯士藍 $\text{Fe}_4(\text{FeC}_6\text{N}_6)_3$ ，以硫酸低鐵及黃血鹽之溶液，化合成淡綠色沉澱乃加漂白粉氧化之。安定耐光，與鹽基性顏料如鉛白等，不能合用，因用之將生成紅氣(氫氧化鐵)。

(n) 羣青 將石英，高嶺土，碳酸鈉與硫置坩堝中熔融之，初時

變綠，再燒變成藍色，然後磨細篩過(紗布)。耐光，耐碱，耐熱，但不適用於漆鐵器。不能與含鉛之顏料合用，因生成黑色之硫化鉛故也，遇酸則褪色。

(o) 氧化鉻 Cr_2O_3 將 1 份重鉻酸鉀與 3 份硼酸熔化而煮於水中，洗之過濾即得。耐光，酸，碱及高熱(800°F 以上乃變棕色)，與他種顏料並無作用，遮蓋力亦大，不使鐵生銹，所惜者價貴耳。

(p) 巴黎綠 $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ 先以白砒與洗碱製成亞砷酸鈉，再加硫酸銅熱溶液，得橄欖綠色之亞砷酸銅，然後加入醋(或稀醋酸)，放置任其結晶即得巴黎綠。顏色甚漂亮耐光，易施展，易乾，劇毒，不能與含有硫之顏料合用，能溶於酸碱中。

(q) 鉻綠 此係普魯士藍與鉻黃之混合物，製法為將兩種顏料同時沈澱於硫酸鋁上。遮蓋力大而價廉，比重 4.4，不能與鹽基性物同處，否則變紅，亦不能與酸同處，因酸能溶解鉻黃而使成藍色矣。

(r) 鉻黃 遮蓋力大，粒子細，耐光。不能與含有硫之顏料合用。

(s) 鋅黃 遮蓋力僅次於鉻黃，耐光，硫化氫等氣體並無作用，所成之漆不使鐵銹，能溶於酸，受熱分解則變為灰紫色，須加多量之催乾劑。

(t) 錳黃 遮蓋力亦佳，不受日光或氣體之侵犯，在潮濕之處易氧化成硫酸錳，而褪色，價格昂貴。

(u) 土黃 係天然產，土中含有 20% 之氧化鐵，有時灼熱之則變紅氣，對他物無何影響。

(v) 丹鉛 以鉛在空氣中灼燒至 375°C 則成紅色之氧化鉛，乾速耐光，普通 1 加侖油用丹鉛 30 磅所成漆膜硬脆易落，不必加催乾劑，可防鐵銹。

(w) 鉻紅 以鉛白加重鉻酸鉀同煮乃得鹽基性鉻酸鉛， $\text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CrO}_4$ 。再加少量硫酸使色彩更加鮮艷，性質與鉻黃相仿，用塗鐵器最佳。

(x) 赭土 粘土中含氧化鐵及多量之氧化錳，經灼燒後色自暗褐色變為紅褐色，性質與土黃相仿。

(y)燈烟 煤油於空氣不足之處，含純碳 98%，沉積於一排小室。第一間之燈烟因有未燒完油質混入，故色澤帶纒或灰，粒子細勻，經久耐用，比重 1.82，使乾燥緩。

(z)象牙黑與石墨 以象牙廢屑，軟木，果殼等在不通空氣甌內燒之，往往有鉀鹽(有吸濕性)，故須洗淨而乾燥之，比燈烟色黑。

石墨 天然產者含碳 80%，人工製造者 90%，油膜緩乾而富彈性。

67. 沈澱色素 有機色素以金屬鹽沈澱出來，此為古時以天然染料染布之方法。在此油漆中所用之色素，當選其不溶於水，油或溶劑中者，各種顏色俱全，油漆中應用甚廣，色亦漂亮，對於光線及大氣無何不良影響。

68. 油 用於漆料之油屬乾性油，因塗展於空氣之後，能生成一較硬之膜。此種油類不能溶於丙酮及冷醇，但易溶解於醚，迷蒙精，四氯化碳，二硫化碳，苯，石蠟油等溶劑，不能揮發。乾性油者露於空氣中，能生成乾硬透明之膜，而不溶於水或醇，非真乾燥乃該種油類能吸收氧而成此膜，如屬非乾性油，則將氣味變敗矣。油漆中最常用之乾性油當推亞麻油，其比重為 0.932—0.936。如此此數小則有腥入魚油或磯油之嫌，皂化價 159—195，酸價小於 7，碘價 170—187，最易和入之油為磯油，松脂油，菜油等。此油在光亮處，乾更速。但遇碱則被侵蝕，倘將油蒸熱則乾更速。蒸油乃將亞麻油加催乾劑在鍋中加熱至 150°C，凡蒸油之加鉛質催乾劑者，在氧化時收縮，加錳質催乾劑者膨脹。原油之乾需時 3—4 日，而蒸油到 24 小時以內，即得乾成薄膜。倘在室內與環境順適時，只須 8 小時而已，蒸油之色不定，視其所加催乾劑之質與量及蒸油之時間及溫度，普通總是暗紅色。漂白之法，可以硫酸加入，同時打入空氣。桐油之比重較大 0.941，露置日光下生出白澱，逐漸增多，迨數月後變成白色固體。熱至 250°C 凝成膠體，冷後不能重變為液體。桐油在 30—50 分鐘間，即能乾成薄膜。豆油可生成彈力性膜，但乾時較緩，若加銅質催乾劑則亦可應用之。鱈油可用於漆中能耐熱，故以

之製烟面上之油漆甚佳。松脂油往往作為羶和之用。

69. 催乾劑 油漆內之油其乾也緩，故須加金屬化合物於此油中，以圖減少乾時。大概係觸媒作用只須加1%以下之催乾劑已足應用，所用金屬普通為鉛，錳，鈷，鈾。密陀僧為黃色粉末，所成膜有彈力。丹鉛則脆，硼酸鉛及醋酸鉛均白色，加入油中僅使之稍暗，比鉛化物為佳。二氧化錳催乾性極佳，惟色黑，使油色亦暗。此為其缺點，故寧用其硫酸鹽，醋酸鹽或硼酸鹽，比較色淺。又有一種液態催乾劑，普通為鉛，錳，鈾，鈷，之樹脂酸鹽，油酸鹽等，溶於揮發油，或松節油中。易與油相混和，催乾亦速。法將金屬氧化物溶於熔化之松脂，或極熱之亞麻油，或先做成可溶性之鈉鹽然後以金屬鹽溶液加入，置換澱出之，洗淨晾乾，溶於松節油即成。

70. 溶媒及稀釋劑 油漆需要數種有機液體，以溶解或稀釋，使之容易施展。松節油以松樹脂放於銅製蒸餾鍋中蒸餾所得，剩下者為松脂。松節油為透明揮發性之液體，主成份為 $C_{10}H_{18}$ ，加入漆中作為稀釋劑之用，使塗刷便利。松節油繼續氧化則亦要變黃稠之半固體，而不適用於油漆矣。松節油能溶解礦油，石蜡，若以蜂蜡溶入，則為木器用之「泡立水」。

松節油能侵蝕鐵，故不能盛於鐵桶內，即鍍鋅之洋鐵皮亦被侵蝕，故以盛於馬口鐵（鍍錫鐵皮），或木桶中為佳。用於油漆之石油蒸餾物，固需具有揮發性，但太大亦不相宜，蓋漆膜不待光表已經硬化。蒸餾試驗之條件，宜如下述。開始沸點不得低於 $150^{\circ}C$ 。終了沸點不得超過 $210^{\circ}C$ ，須有90%在 $200^{\circ}C$ 以下餾出。煤膏蒸餾所得之芳香液體如苯，甲苯等亦為極佳之溶媒。醇類亦為溶解油之優良溶媒。

71. 油漆 油漆中加用鋁粉尚係近來工業上之成就，此漆有去濕性及甚佳之遮蓋力，不為硫化氫所影響。但在工業地帶則易變暗，大約因鋁之被蝕而成氧化鋁，使表面粗糙因之灰塵粘附而使漆色變暗也。水漆含膠細顏料粉及乾酪素，膠，糊精，水玻璃等。

72. 塗料 塗料為以樹脂溶於酒精或油內，而塗於物件之表

面，使生一硬光透明之膜。樹膠可以溶解於水而不溶於酒精，例如阿拉伯膠是也，樹脂則可溶於酒精，而不溶於水。例如達馬蟲膠，松脂等又有古代之樹脂如琥珀等是。蟲膠在 40°C 時開始軟化，如熔成液體則將分解，能溶於 95% 酒精中，經久不壞。但漂白之蟲膠，須從速用去，否則久置後不易溶於酒精中。達馬樹膠產於馬來，以新加坡之貨品為最普通，性甚軟又脆，但色白，微溫即呈粘膠狀態。松脂遇水變白，故不適用於塗料，但與甘油化合後即可用。由琥珀所製之塗料，甚為堅牢，但價格貴耳。人造樹脂如電木原配料，可以溶於鹼中，一如天然樹脂，又可溶於酒精及酮等溶劑內，作為塗料。人造樹脂與天然樹脂同熱之後，亦可以使之溶於油。酒精塗料中最普通者為蟲膠，即俗稱洋乾漆者是也。溶媒僅為塗刷時便利計，以後即全行揮發去，用於木器上最為適宜，配量約為 5 磅樹脂，用 1 加侖 95% 酒精。塗料刷上物件表面之後，再加烘熱 (130°C) 則可得較硬，光亮而經久之膜。硝酸棉溶於溶媒展開後，溶媒揮發，得一硬，透明，經久之膜，但以收縮關係容易剝落，且因脆易破裂，加顏料後更甚，加樟腦或蓖麻油可以改善之。如欲着色，可加顏料且可使之不透明，以減少受日光而分解硝酸棉之弊。施用時以噴霧法為最佳，故名之曰噴漆也。

用油之塗料，其製造順序可分六步：(1) 熔化樹脂，(2) 熬油 (260°C) 1~2 小時加催乾劑，(3) 以油加入樹脂攪和，(4) 初混時混濁，再熬使澄，(5) 冷至 120°C 加松節油等稀釋之，(6) 放置澄清。其持久性須視用油之成份，油膜之彈性，及樹脂之硬度。樹脂量多，光澤可佳，但太多則持久性減弱。

73. 木材之着色 木材製箱櫃或襯室內板壁，往往着色以悅目，或將劣木染色以混真。所用材料如有機色素(植物或煤膏)，酸，鹼，金屬鹽類及顏料等，溶媒如水，酒精，酸，油等。用水者最便宜，但易使木之纖維掀起，致面不光，用酒精者快乾而難刷。

74. 褪漆劑 溶 8 份石蜡於 8 份苯，小心加熱，加 7 份木精再加 1 份丙酮，所成之糊，可以除去漆斑。

或用苛性鈉 1 份新石灰 3 份，白堊粉 4 份加水調糊，塗於漆上，待若干時間，剩餘之鹼可用 5% 草酸洗去之。

第九章 潤滑油

75. 概論 當二種金屬相擦過時，有摩擦力之發生，減少加入之力使變為熱能。欲減少此種有害之摩擦力起見，往往加入潤滑劑，(大部為油類)，以隔開此摩擦之二面。

潤滑油分二類(一)脂油，自動植物提出但有者為乾性油氧化後變硬粘，反而增加摩擦力，有者與水相遇起分解而成甘油與脂肪酸如下式，



(二)礦油，則較安定，不易與他物化合。

潤滑劑需停滯於摩擦面，而本身之內部摩擦力小，方為有效，而依機械之速度與壓力分為二種：(a)倘轉動之地軸速度高而壓力不大，則用薄油以隔開二金屬面，此時之摩擦力僅由於油之粘度耳。(b)倘速度低而壓力大，則需較厚之油以稍減其實際之接觸摩擦，而使之滑溜，(油本身之摩擦係數小)，若加少許脂油於礦油中且可改善其潤滑性，溶於油之皂類亦有此種性質。礦油由石油蒸餾法剩下之蜡質及油，再加分餾而得，經濾過日晒(除去綠色磷光)等精煉手續。普通分成三類，如錠子油，機筒油，引擎油。脂油氧化後變粘稠此其缺點，但溫度高時其粘度之減小比礦油為少，而粘着於金屬之力亦較大，常用者如蓖麻油，豬油，牛油，菜油，鯨油等。凡壓力大而速率低之摩擦面，則用油膏潤滑之，以免油之滲出如紡織機則亦需用此物。其摩擦係數較大，故可能用油時以用油為上策。最普通者以礦油與水(小於 0.4%)，加鈣皂使成膏狀。其優點在於不致受壓擠出，大凡礦油均可與鈉皂相處，但所得之油膏為纖維狀者，他如鉛皂，鋁皂均可應用。松脂油與石灰水加入礦油，所成之油膏價廉，而尤能勝任大壓力之摩擦。石墨用以潤滑生鐵摩擦面甚

佳，但精細之表面反為不適。故需用極細之石墨粉，能懸浮於水中經久不沈澱，將碳在電爐中熱至 7500°F 可得 99.9° 純度之石墨，以鞣素水處理然後濾過，所得糊狀物與油混和之。

76. 潤滑劑之檢驗 礦油有綠色磷光，而脂油無之，但此種區別亦不足恃。皂化作用亦可作為一區別之方法，潤滑油通常應做之檢驗項目如下：

比重：最普通者用苦美表量之。

粘度：定量之油在某種溫度時經過細孔所需之秒數，即用以示該油之粘度，此係相對的比較。普通以水或菜油為標準，所用溫度最好依應用時候之溫度為準。

發閃點及着火點：當火焰距離油面 $\frac{1}{4}$ 吋，如有暫時之火焰閃過者，此時之溫度曰發閃點。屈一最低溫度時而能持續燃着時，則命曰着火點。

冷卻試驗：油冷至其中蜡質凝出，發現白渾。此時之溫度曰雲點，再冷則凝固不流動，此時之溫度曰注點。

77. 潤滑劑之選擇 速率快者需用油之密度及粘度小者，苟以此用於速率慢者，則將被擠出。潤滑油用時不得變稠厚，八小時後不能損失 4% 以上之重量，發閃點須在 300°F 以上，着火點普通高於發閃點 $30\sim 50^{\circ}\text{F}$ ，游離酸 1% 以下。用於紡織機，縫紉機，打字機等輕機械之油：比重 $35\sim 27^{\circ}\text{Bé}$ ，發閃點 $320\sim 430^{\circ}\text{F}$ ，粘度 $30\sim 400$ 秒(Saybolt)， 70°F ，揮發試驗不得超過 4% 。用於引擎之油：比重 $32\sim 23^{\circ}\text{Bé}$ ，發閃點 $300\sim 430^{\circ}\text{F}$ ，粘度 $50\sim 400$ 秒(70°F)。用於馬達發電機等高速低溫度之油：比重 $32\sim 24^{\circ}\text{Bé}$ ，比粘度 $3.5\sim 7.5$ (70°F)，發閃點 330°F 以上，着火點 420°F 以上，酸度不得超過 0.1% ，凍結點 28°F 以下。機筒油：羧脂油 $6\sim 25\%$ (最好牛油)，因該油在濕金屬面比較易粘着，且在高溫度時粘度尚大。所用之礦油：比重 $25\sim 25^{\circ}\text{Bé}$ 。發閃點 $500\sim 530^{\circ}\text{F}$ ，粘度 $100\sim 230$ 秒(212°F)。機筒油：溫度較高(1200°F)，故所用之油須經骨炭或高嶺土濾過者，使無碳質剩下。用於汽車引擎之油：比重 $33\sim 30^{\circ}$

Bé, 發閃點 380~450°F, 粘度 180~185 秒(100°F)。汽輪機油: 易與水分離者, 30°Bé, 150 秒(70°F), 發閃點 420°F

78. 冷却潤滑劑 機械上各種手續每多發熱, 爲防制過熱有損機械起見, 應用冷液灌之, 而水爲最適宜。但有一弊即易使鐵器生銹也, 且乏潤滑性, 具有此種性質者以豬油, 鯨油爲最佳。他如牛油, 魚油, 橄欖油亦可用之。如潤滑性不重要者, 可用水加苛性鈉, 碳酸鈉, 硼砂等, 溶入之後, 可改善其銹蝕鐵器之性質。如需長時期之冷却並潤滑作用者, 則用乳劑爲宜。以油加硫酸化合成磺酸油, 加鹼則溶於水。加油而熱之則成乳劑, 或以軟肥皂之醇液, 加入礦油, 乃成可溶性油。以此 1 份加水 4 份, 作成乳劑而用之。又有濃厚之皂漿加入礦油, 備用亦可。

第十章 橡膠及絕緣體

79. 橡膠 自橡樹滲出之生橡膠, 係白色乳劑, 其成份如下: 橡膠 32%; 蛋白質及礦物質 12%; 水 56%。爲運輸出口便利計宜將此種乳劑凝結其中之橡膠, 並使其中所含之蛋白質不會變壞及蒸發去水份。有許多方法如烟燻, 加化學藥品處理, 煮熬, 展開揮發(土法有塗在人身者)之後除去土沙枝皮等雜質。當水洗時之損失甚大, 自 10% 至 50%, 經滾筒軋成張數乾之。

純粹之橡膠盛夏時軟而粘, 寒冬時硬而脆, 加硫同熱或浸橡膠於氯化硫中, 則可改善其性質, 使適於吾人之用: (1) 對於溫度變遷之影響減小, 增加彈性及強度, 抵抗氣候及化學藥品之侵蝕。以 5~7 磅之硫與 100 磅之橡膠細粉, 在滾筒上充分拌和, 以蒸汽熱至 120°C 或以橡膠薄片浸入溶媒(二硫化碳, 苯等), 其中先溶入氯化硫 2~3%, 或以橡膠置於氯化硫之氣氛內亦成。如此經過加硫法後之橡膠, 含有 40% 橡膠者, 可延拉至其原長之七倍, 而仍能恢復其原狀。

加硫法進行時如加入某種有機化合物時，可使其速度自75分鐘減少至15分鐘，並可減淺橡皮表面之硫之色氣。從前用氧化鈣，氫氧化鈣，氧化鎂，碳酸鎂，密陀僧，鉛白，硫化錒等無機物充之，迄1906年乃用阿尼林，至1914年有許多含氮之複雜有機物發明，可作此種催促劑之用。大約用量在1%以下，但如有氧化鋅存在時，催促劑效更顯。如有碳存在時則相反，加入催促劑後加硫法之時間減短，溫度減低因之少有分解，而使成品強度增大。並減退橡膠之緩慢氧化作用，故可久藏不壞。且在低溫時可加用有機染料，使成着色之橡膠。此外尚需加入其他材料，使增加其壽命，及抵抗摩擦之性質。至於增加重量或容積，猶其次要者也。填料：白堊粉，重晶石，廢橡膠粉等用以減輕成本，氧化鋅或立德粉可使之堅韌耐割。特殊目的：增加強度者如氧化鎂，密陀僧，石灰，玻璃粉，滑石，使之密緻者如瀝青，煤膏，使之柔軟者如油類，凡士林，加速加硫法之時間者，如硫化錒。顏料：白色如氧化鋅，立德粉，硫酸鋇，鉛白，紅色如硫化錒，硫化汞，其他顏色則用特殊物品，如玩具，假磁磚，防雨布等，橡膠氧化初步變成粘性可塑性，其後乃變為乾脆易碎，多露於日光下容易變壞，故宜於黑暗之處。已硬化之橡膠可浸於3%石碳酸水溶液中，數小時可使復軟。橡膠久露於空氣中者，其導熱及電之性質會增進。熱而濃之酸，可以侵蝕之。橡膠能溶解於苯，石油醚，二硫化碳，四氯化碳，迷蒙精，松節油。油類對於橡膠有害，因其能溶解而成粘稠物質，銅質亦能使橡膠變壞（變硬）。硬橡膠之製法，與軟者相仿，僅硫多加。每100磅橡膠加30磅硫，及溫度增高150~160°C。為電之不良導體，抵抗大氣及酸之侵蝕。廢棄之橡膠，可回爐重做，先以苛性鈉液在蓋沒之鍋內處理舊橡膠，使剩餘之纖維及硫質除去。洗淨乾燥後與新橡膠混和，對於氧化作用較慢，但彈性及強度則均退步。以25%氯化硫攪入，先加入石油腦之亞麻油內，可得白色有彈性之物質，或以硫加入熬油中，亦可得一櫻色之彈性物質，均用作橡膠之代用品者，（與劣等橡膠，樹脂，瀝青等混用）。

80. 絕緣體 能作絕緣體之材料除不導電之外，尚須具有下述數種基本性質，不透水，不受溫度變遷之影響，化學性安定等。軟橡膠普通用以包電線，硬橡膠製開關等電器另件，不能耐高熱。地蜡及生橡膠亦可用之，均不受化學藥品及氣候之影響。電木或單獨應用，或與木纖維混用。塗料用於低電壓之電線，用酒精為溶媒之塗料較易坼裂。油類多用於變壓器，開關等件，需高發閃點，低粘度而無水份，酸，鹼，沈澱等。紙大抵用以包線，或先以油，塗料等浸過。雲母為固體絕緣體中之最常用者，不受熱之影響，可以廢棄之雲母以蟲膠等粘固成形。石棉之絕緣性並不佳，所以用於電器中者，良以不能燃着之故耳。滑石軟而易製成型，熱之至 1100°C 而變堅硬，能耐熱及不傳電。大理石用作開關石板，因不會燃燒，易做，及美觀也。白料以高嶺土，長石，石英粉燒成，（高電壓用之白料須燒至 1285°C ）。如需在高溫度及強度大之用處，如撲落則用硬瓷，（長石減少，燒至 1465°C ），與化學瓷料相彷彿。如用高溫而電壓低之用處，如熨斗則瓷料須加鎂之化合物，如 $3\text{MgO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ ，或氧化鎂等。

人 地 名 表

1. Benson
2. Bergius
3. Fischer, Dr. Franz
4. Patart,
- General Georges
5. Ceylon
6. Siberia
7. Canada
- 8.
- Greenland
9. Hall
10. Pattinson
11. Park
12. Betts
13. Malay
14. Dutch East Indies
15. Brazil
16. Sweden
17. Singapore

化 學 編 索 引

- 3 土黃 52
- 4 水 2
水之硬度 3
水之處理 4
水泥 45
水漆 55
水煤氣 13
水成岩 41
火焰 6
火泥 15
火成岩 41
火磚 15
木 9
木材着色 56
心子沙 43
天然水 2
巴黎銘 52
丹鉛 52
瓦器 49
不銹鋼 36
- 5 石灰 44
石料 40
石墨 53
石膏 45,51
石棉 51
白料 59
白煤 10
半烟煤 10
立德粉 51
永久硬度 2
本生燈屑 6
- 6 合金 31
次烟煤 10
- 自然煤 13
灰 8
- 7 沙 43
快速鋼 37
汞 31
汽油 12
防銹 37
- 8 油 53
油漆 50,55
松節油 54
松脂油 54
注點 58
固體燃料 9
泥煤 9
矽鋁鹽軟化法 4
泡沫 5
- 9 火石器 49
建築石料 40
閃光點 58
耐火材料 14
- 10 烟 8
烟煤 8,10
烟鹵氣體 8
氣體燃料 12
特種鋼 36
高嶺土 48,51
脂油 56
桐油 54
亞麻油 53
氯化碇 6
- 11 豆油 54
混凝土 47
粘土 43

- | | | | | | |
|----|-------|------|----|------|-------|
| | 粘度 | 58 | | 腐蝕 | 37 |
| | 焊藥 | 32 | 15 | 鋅 | 25 |
| 12 | 陶土 | 48 | | 鋅白 | 50 |
| | 陶器 | 49 | | 鋅黃 | 52 |
| | 發生爐氣體 | 12 | | 銻 | 30 |
| | 焦煤 | 11 | | 鉛 | 17 |
| | 着火點 | 6,58 | | 德爾銀 | 32 |
| | 硝酸棉 | 56 | | 模子沙 | 43 |
| | 硬水 | 2 | | 熟石膏 | 45 |
| | 普魯士藍 | 52 | | 褪漆劑 | 56 |
| | 鈦白 | 51 | 16 | 鋼 | 34 |
| | 雲點 | 58 | | 鋼鐵 | 32 |
| | 絕緣體 | 59 | | 銻 | 29 |
| | 稀釋劑 | 54 | | 錫 | 24 |
| 13 | 鈷 | 29 | | 燃料 | 6,9 |
| | 鉛 | 22 | | 燃燒 | 7 |
| | 鉛白 | 50 | | 燈油 | 12 |
| | 煤氣 | 13 | | 燈烟 | 53 |
| | 達馬樹膠 | 55 | | 衛生器具 | 49 |
| | 塗料 | 55 | | 漆土 | 53 |
| | 催乾劑 | 54 | | 噴漆 | 56 |
| | 溶媒 | 54 | | 磚 | 48 |
| | 滑石 | 51 | | 橡膠 | 59 |
| | 搪磁 | 49 | 17 | 鎂 | 27 |
| | 羣青 | 52 | | 銀鏡 | 34 |
| | 電冶 | 35 | | 鍋爐用水 | 2,4 |
| | 煤粉 | 8 | | 錫垢 | 2,3,5 |
| | 煤之分析 | 10 | | 液體燃料 | 11 |
| | 煤之新利用 | 10 | | 濕汽 | 5 |
| 14 | 銻 | 30 | 18 | 線 | 28 |
| | 銻黃 | 52 | | 鎳 | 27 |
| | 銻紅 | 53 | | 銻黃 | 52 |
| | 銻綠 | 52 | | 顏料 | 50 |
| | 銅 | 20 | | 蟲膠 | 55 |
| | 銻絲 | 32 | | 黃原膠 | 6 |
| | 熔鐵爐廢氣 | 13 | 19 | 礦油 | 57 |
| | 潤滑油 | 56 | | 爆炸 | 7 |
| | 瑪煤 | 9 | | 鱈油 | 54 |



- ◆ 著作人 見本書封面
- ◆ 主編者 汪 胡 楨
- ◆ 印刷所及
經售處 中國科學院儀器公司
上海福煦路 649 號
- ◆ 發行人 汪 容 盦
- ◆ 發行所 厚生出版社
上海巨額達路 820 街 39 號
電 話 79157

3
321214

