

44  
11 24 124  
工學小叢書

# 實驗汽鍋管理法

姚幼蕃編著

商務印書館發行

工學小叢書

實驗汽鍋管理法

姚幼蕃編著

商務印書館發行

國立北平圖書館藏

## 自序

汽鍋房爲工廠生力發源之地，亦爲工廠最大耗費之處，若以缺乏經驗之人司理其事，則每年工廠中僅燃料一項，耗費之數，頗可驚人。昔余任事於美國紐求賽省公共電力公司時，對於汽鍋房之經濟，最爲注意。該公司所轄生力廠，大小凡三十餘廠。設有考察部，專事考察。各廠中汽鍋及機器之工作，對於選擇燃料，燃燒及管理之法，尤無微不至。余任事於該部有年，所經手考察之鍋爐凡數百次，就所得之經驗，信手寫成如干帙，冀供我國工廠之實地工作者，對於搜尋免除汽鍋房中耗費之法，有所參考，而學者得此門徑，將來服務，亦較有實益，區區爲我國工業上略獻一得之微忱，固不計其拙劣也。

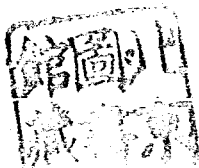
# 目 次

第一章 燃料(Fuels) .....	1
一 煤之分類 (Classification of coals) .....	1
二 煤塊之大小 (Size of coal) .....	3
三 檢取煤樣 (Coal sampling) .....	4
四 煤之化驗法 (Proximate and ultimate analyses).....	6
五 煤中之熱值 (Heating value of coal) .....	16
六 灰與熔滓 (Ash and clinker) .....	23
七 煤之價值與發蒸汽 (Value of coal for steam purpose) .....	25
八 購煤法(Purchase of coal under specification) .....	30
九 洗煤 (Washing of coal) .....	35

---

十	囤煤法 (Storage and weathering of coal) ...	36
十一	度量煤斤 (Coal measurement).....	38
十二	木與其他燃料 (Wood and other fuels).....	39
十三	油燃料 (Oil fuel) .....	40
十四	氣體燃料 (Gaseous fuel).....	41
<b>第二章 燃燒 (Combustion).....</b>		<b>43</b>
一	燃燒之化學作用 (Chemistry of combustion) .....	43
二	空氣之需要 (Air required).....	45
三	爐與爐之面積 (Grates and grate surface) ...	47
四	手工燒煤法 (Hand firing method).....	49
五	火之厚薄 (Thickness of fire).....	56
六	燒煤機器及其工作 (Mechanical stokers and their operation).....	59
七	廢料與低等煤之燃燒 (Burning waste and low grade fuel) .....	68
八	爐中之氣體 (Furnace gases).....	69

- 九 溶滓 (Clinker) .....71
- 十 通風 (Draft) .....73
- 十一 通氣管之比例 (Flue proportion) .....81
- 十二 煙囪之比例 (Stack proportion).....86
- 十三 風之需要 (Draft required by stokers).....94
- 十四 機器通風 (Mechanical draft) .....103
- 十五 通風計 (Draft gauges) .....108
- 十六 通風門及其用法 (Dampers and their use)··111
- 十七 爐中氣體之溫度 (Flue gas temperature)··113
- 十八 氣體之分析 (Analysis of gases of  
combustion) .....115
- 十九 碳酸氣即二氧化碳指示器 (CO<sub>2</sub> Recorder)··127
- 二十 二氧化碳即碳酸氣之指示為何 (What CO<sub>2</sub>  
indicators) .....130
- 二十一 一氧化碳之指示為何 (What CO indicates)134
- 二十二 空氣之需要及其供給 (Air requirement  
and supply) .....137
- 二十三 阻止逾量空氣之輸入 (Preventing excess



	air) .....	144
二十四	煙及其避免法 (Smoke and smoke prevention) .....	146
二十五	燃燒木料 (Burning wood) .....	150
二十六	油之燒燃 (Burning oil fuel) .....	151
二十七	氣體之燃燒 (Burning gaseous fuel) .....	158
二十八	細煤粉之燃燒 (Burning powdered coal) .....	161
二十九	爐中之溫度 (Furnace temperature) .....	169
<b>第三章</b>	<b>熱量之吸收 (Heat absorption) .....</b>	<b>179</b>
一	熱量之傳送 (Heat transmission) .....	179
二	由傳導所傳送之熱量 (Heat transmission by conduction) .....	181
三	由對流傳送之熱量 (Heat transmission by convection) .....	184
四	總數熱量之傳遞 (Total heat transfer) .....	191
五	經濟器空氣熱器及蒸汽加熱器 (Economizers,	

- 
- air heaters and superheaters) .....210
- 六 熱量吸收之改善 (Improving absorption).....217
- 七 受熱面積與汽鍋容量 (Heating surface and boiler capacity) .....220
- 八 汽鍋之置砌 (Boiler settings) ..... 225
- 九 火磚等 (Refractories and fire bricks) .....239
- 十 煤煙卽炭 (Soot) .....243
- 十一 汽鍋中之水鹼 (Scale).....247
- 十二 汽鍋用水之製軟法(Softening feed water) .....253
- 十三 溫熱汽鍋之用水 (Feed water heating)....260

#### 第四章 汽鍋之考察法(Boiler efficiency and testing).....269

- 一 計算熱量法 (Heat balance) .....269
- 二 吸收之熱量 (Heat absorbed by boiler).....270
- 三 因煤潮濕之損失 (Loss due to moisture in coal) .....273



---

四	蒸汽表(Steam table).....	275
五	煤中多氫之損失(Loss due to hydrogen in coal) .....	285
六	損失於出氣中之熱量(Loss in chimney gases) .....	287
七	一氧化碳之損失 (Loss due to CO).....	291
八	灰中含煤之損失 (Loss due to combustible in ash) .....	294
九	因空氣中含濕度之損失(Loss due to moisture in air) .....	298
十	因汽鍋裝置不善之損失(Loss unaccounted for) .....	304
十一	效果 (Efficiency).....	306
十二	用各種煤所得之效果(Efficiency with different coal).....	313
十三	汽鍋之容量及效果(Boiler capacity and efficiency) .....	319
十四	試驗汽鍋(Boiler trials).....	323

---

十五	變數表 (Conversion factors) .....	336
<b>第五章</b>	<b>汽鍋管理 (Boiler plant management).....</b>	<b>340</b>
一	選擇合式的汽鍋(The selection of boilers)...	340
二	汽鍋之工作及其經管(Operation and care of boilers) .....	352
三	汽鍋裝接管子 (Boiler room piping) .....	367
四	蒸汽之流行(Flow of steam through pipes & orifices).....	375
五	汽鍋房之管理(Management).....	383

# 實驗汽鍋管理法

## 第一章 燃料(Fuels)

### 一 煤之分類

煤之分類大抵以其所含純碳素 (Fixed Carbon) 之多寡以分等級茲以純煤為標準列表於下：

煤名	純碳素百分數	揮發物百分數	每磅熱量單位 B. T. U.
白煤(Anthracite)	92至97%	3至8%	14600 至 14800
半白煤(Semi-anthracite)	87至92%	8至13%	14700 至 15500
半煙煤(Semi-bituminous)	75至87%	13至25%	15500 至 16000
煙煤(Bituminous)	50至75%	25至50%	13500 至 15300
褐煤(Lignite)	50%以下	50%以上	11000 至 13500

註 純煤又名可燃物即將煤中濕去水與灰後計算。

白煤亦名硬煤所含純碳素至多，其色深黑而有光亮，碎紋甚少，燃燒時不變軟亦不發脹，故燃燒甚緩，火焰亦甚短，火發黃色，有時成淺藍色其價甚昂，用以燒發蒸汽不甚經濟，每一立方英尺約重一百餘磅，我國山西省產者為最佳，北方人呼之為紅煤。

半白煤與白煤迥異，既不堅硬，亦不光亮，因其包含之揮發物(Volatile matter)較多，故燃燒亦快且易，火力亦較白煤為強，每一立方英尺約重八十八磅，大同府煤屬於此類。

半煙煤較半白煤輕軟，色更黑暗，燃燒極快，易燃而少煙，熱量甚高，為燒發蒸汽最高等之燃料。井陘煤即屬此類，用以燒發蒸汽極其經濟。

煙煤亦名軟煤，含有極豐富之揮發物，經火燒熱即行爆開，內含氣體及油質頗多，煤色為棕黃或深黑，最易破碎而有油光，因煙煤最易吸收空氣中之潮濕故熱量小而煙多，最易辨別者為黃色之火而多煙。煙煤可分兩種，一為燃燒後易結餅者，此種包含揮發物最多，極合製造煤氣之用，一種為燃燒後不結餅者，且燃後不化而形狀亦不變，此種亦合於燒發蒸汽之用，此兩種開平煤中均有，可採擇之。

褐煤是植物之尚未成純煤者，其火力至小，當出礦時常包含有百分之五十之水份，且最易碎，故不易運輸，此為煤中之下者，然價頗廉，擇其佳者，亦合於燒發蒸汽之用也。北票煤礦所出者頗類是。

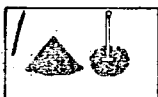
## 二 煤塊之大小

煤塊之大小與其含蓄之熱量無所增減，然小塊之煤，價值較廉，因大塊煤不合用於汽鍋故須將大塊之煤擊碎如拳大，然後投入爐中燃燒，是則無異以重價購煤再加入人工擊碎之而成較低價之煤，此中損失之巨，不可不慎加考慮也。尙有其他工廠專用煤粉燃燒汽鍋，價雖較廉，須知煤粉中最易摻入灰土等類且吸收最大之水份，因之熱量減少，價雖廉而所得之純煤常不及百份之六十，其中之損失可想而知。設有一種煤價每噸洋十一元而每磅之熱值為 10,500 B. T. U.，尙有一種煤價每噸洋十四元而每磅之熱值為 15,000 B. T. U. 第一種價廉而熱值小，第二種價格雖增約百份之三十而熱值增加幾百份之四十，管理工廠者須知煤之熱值實為定煤之優劣之標準非可以重量計也。最經濟購煤之法為購辦甫

探出礦而未經過篩之煤，其中塊粉俱有，價且甚廉。購煤之法須先往礦山採取煤樣，小心化驗，決定所含之原質灰份及熱值，然欲定化驗之準確須視採取煤樣得當與否也。

### 三 檢取煤樣

檢取煤樣之法，最好先與礦山訂定，當煤出礦裝載上車



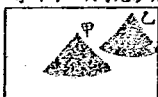
(一)將所取之煤置於乾淨而破淨之地上先將大塊擊碎約一英寸見方塊



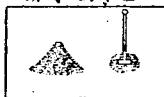
(二)將煤攪拌勻和然後將該一十磅煤樣堆積成一圓錐體



(三)再用攪拌和用錘一錘一錘撒於地上積成一長形堆



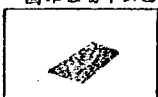
(四)將長堆分為兩堆然後堆成甲乙兩圓錐體留甲去乙



(五)將所留甲堆之煤約五百磅再擊小



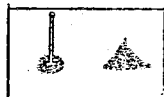
(六)再將擊小之煤攪起撒下堆成一圓錐體



(七)再將煤攪勻堆積成一長堆



(八)將長堆分為兩堆然後用錘堆成甲乙兩圓錐體留乙去甲



(九)將留下之煤再擊小



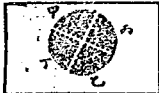
(十)將煤一錘一錘攪起撒在地上成一圓錐體



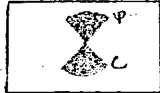
(十一)再將煤一錘一錘攪起撒下再成一圓錐體



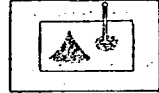
(十二)將圓錐體攪起撒下堆成一圓形



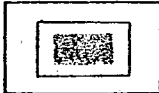
(一) 將做成之圓形扁餅分為四等格



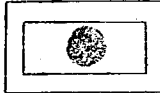
(二) 將丙丁兩格拿丟而留用甲乙兩格



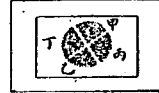
(三) 將留用煤再擊碎和勻置於一聚鐵盤上



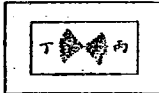
(四) 將破鐵錘頭捲起使煤和勻



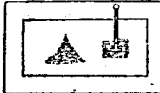
(五) 將和勻之煤做成一圓餅狀



(六) 將圓餅分成四等格



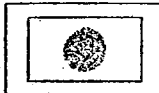
(七) 將甲乙兩格拿丟留用丙丁兩格



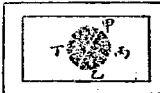
(八) 將留用之煤再擊小和勻



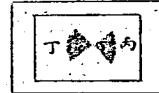
(九) 將破鐵錘頭捲起將煤和勻



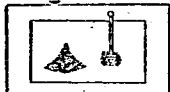
(十) 將煤和勻然後堆成一扁圓餅形



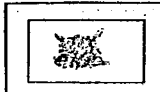
(十一) 將該餅形分為四等格



(十二) 拿丟甲乙兩格留用丙丁兩格



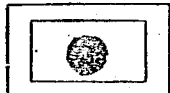
(十三) 將留用之煤再擊小



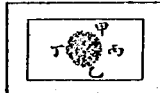
(十四) 將破鐵捲動使煤和勻



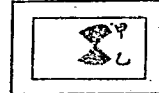
(十五) 將破鐵之四角拉起使煤堆起



(十六) 將破鐵平然後將煤做成一餅狀



(十七) 將餅狀分四等格拿丟丙丁而留用甲乙兩格



(十八) 留用之甲乙兩格稍備裝罐送化驗室

時，或過篩前每次取一鏟，其中塊粉各半，若由煤堆上採取煤樣，則不可靠也，取煤樣時，須規定時間，陸續鏟取，每次一鏟積至約一千磅煤為止，大約此一千磅煤樣須由五百噸煤中取出者方為合格。

上示圖解為預備煤樣為化驗之用。

照以上之檢取煤樣其預備化驗煤樣之法，最為妥善，所取之煤樣亦足以代表該礦之煤。照上圖所得化驗之煤樣約三十磅，可揀購緊蓋之洋鐵罐六只，每只約裝五磅，將口封好蓋印免得傾覆並防掉換。查驗煤中所含之水份之煤樣須另檢取約一百磅塊粉各半，將其分裝（五磅重）罐二十只，此種罐頭以不漏氣者為佳，此項煤樣須另標明，專查水份不作別用。

#### 四 煤之化驗法（近似的分析）

驗煤之優劣，欲得最準確之結果，厥惟燃燒之一法，否則須知煤中所含之各成份，由此亦預知其效用矣。煤價本須按煤之熱值多寡而定，運來之煤亦必隨時陸續化驗，以決定是否與原樣相符，煤之化驗法共有兩種：



## (一)近似的分析 (二)元素的分析

近似的分析化驗須決定煤中所含(一)水份(二)揮發物(三)碳素(四)灰,以上均用百分數計之。至於煤中所含之硫須另分析,煤之熱值亦另決定也。

【決定煤中之水份法】 稱準一克(gramme)磨成極細之煤粉(由煤樣取出磨細)裝入一瓷坩鍋內,(坩鍋高一英寸又四分之三,直徑八分之七)空坩鍋之重亦須預先稱準然後將坩鍋置於一電爐中,爐中溫度須保持攝氏 105 度烘一小時,取出置於乾燥器內,(Desiccator)候冷即取出稱之,其失去之重量即為煤中所含之水份,如欲準確,須多做數次而以平均數為準。

例如：空坩鍋重	7.754 克
煤粉重	1.000 克
共計重	8.754 克
烘過後：坩鍋及煤共重	8.712 克
失去之重量為	$8.754 - 8.712 = .042$

則煤中所含之水份為 4.20% 即 4.20 百分數。

【決定煤中所含之揮發物法】 稱準一克(已經研細末

之煤，再過細篩一次之粉）細煤粉，然後裝入一白金製之坩鍋內，（白金坩鍋須有蓋，鍋及蓋之重量已預先稱準）將坩鍋中之煤置在有攝氏溫度計 950 度之火上燒七分鐘，（燒時坩鍋須離火筈約一英寸），然後置於乾燥器內，候冷，稱之，輕去之重量，則為水份與揮發物。

例如：空白金坩鍋連蓋重	42.325 克
煤粉重	1.000 克
共計重	43.325 克
燒過後：坩鍋並煤共重	43.130 克
則一克煤粉共失去重量	0.195 克
是則水份與揮發物共為	19.5 %
已知：煤中所含之水份為	4.20%

則 煤中所含之揮發物為  $(19.5 - 4.20) = 15.30\%$

【決定煤中所含之純碳素法】煤中所含之全碳素為純碳素加一部份碳化氫中之碳，揮發物即為煤中之碳化氫。近似的分析所決定者凡四項即水份，揮發物，純碳素及灰也。今水份，及揮發物已經決定，純碳素則為一克煤中減去水份，揮發物，及灰。

稱準一克研成極細之煤粉置於一預先稱準之瓷坩鍋內，然後置於攝氏計(950°C)之火上燒之。約一小時餘須俟完全燒盡成灰後，將坩鍋置於乾燥器內候冷，取出稱之。

例如：空坩鍋重	7.754 克
坩鍋並灰重	7.935 克
灰重	0.181 克
是則煤中之灰份爲	18.1 %
純碳素爲	$(1 - .042 - .153 - .181) = 0.624$ 克
即純碳素爲	62.4 %

#### 煤之化驗單(格式)

煤名	甫出礦煤	礦山	井陘縣
純碳素			62.40%
揮發物			15.30%
水份			4.20%
灰			18.10%

分析煤樣化驗室需用之儀器如下：

衣謀森氏量熱器(Emerson Calorimeter)	一付
氧氣筒(Oxygen Tank)	一只

柏克門氏溫度計(Beckman thermometer)	一只
烘爐用溫度計(Thermometer for oven)	一只
化學天平(Analytical balance sensitive to $\frac{1}{10}$ miligram)	一具
鐵環及架(2 Ring stands)	兩只
乾燥器(Desiccator)	兩只
瓷坩鍋(Porcelain crucible)	六只
白金坩鍋(Platinum crucible)	一只
坩鍋鉗子(Crucible tong)	一付
咖啡磨子(Coffee mill)	一只
篩(20 to 100 mesh sieves)	一套
電烘爐(Electrical oven)	一只
本生燈(Bunson's burner)	四只

如工廠所在無煤氣供給者，則須用火酒燈或其他相當之火，以燒驗煤樣。

【煤之元素化驗】 元素化驗即用化學分析以決定煤中所包含之水份，碳素，氫，氧氣，及灰等是也。水份及灰之決定法與前所用者同。元素分析須以乾煤作標準，各項元素須

先減去水份然後比較。

**【碳與氫之決定法】** 用稱準半克已經過細篩之煤粉，先入爐烘乾，然後小心傾入一玻璃燃燒管之中，該燃燒管之一端塞進舊紫銅網一捲，再塞一木塞中通過一玻管，由此用膠皮管接於氧氣筒上，彼端先放入鉻酸鉛少許，再放入氧化銅少許，然後塞以木塞，木塞中間通以玻管，由此再用膠皮管接在一 U 形管上，U 形管內裝氯化鈣，再用膠皮管由 U 形管接在苛性鉀球上，球中置苛性鉀，先將此球及苛性鉀，稱準，再將 U 形管及氯化鈣稱準，照上說接好，然後用火將其燃燒，管內之煤燒盡成灰後，復將 U 形管稱準其增加之重量減去氧則知氫之成份，再稱苛性鉀球其增加之重量則為二氧化碳，減去氧則知碳之成份矣。

**【氮之決定法】** 稱準一克之細煤粉和以三十克之濃硫酸內加有約五克之高錳酸鉀，然後小心在火上緩煮俟成白色為止，此法係使氮變氨，由氮之百分比以算其重量，則氮量得矣。

**【煤中所含硫之決定法】** 稱準半克之細煤粉和以一克重之衣司加混合粉中 (Eschka mixture) 然後裝入可容三

十克之白金鍋內，再用半克衣司加混合粉灑於煤面上，在火上燒之俟煤之黑色顆粒完全燒盡，俟白金鍋冷透，加入熱水溶化，再濾過，再加溴水及鹽酸少許，再煮俟液汁煮乾，候冷，加入氯化鋇溶液，至鍋內不再起沈澱為止，則溶液變為硫酸鋇矣，硫酸鋇中含有一千份之一百三十七硫。

元素的分析用以定煤之等級，有時用以計算煤之熱值，惟所需化學儀器及藥品甚多，化驗法亦極複雜，若無良好之化驗室設備及富有化學經驗之人司理其事，則所得之結果恆不可靠，故各工廠中均用近似的分析以化驗煤樣，再用所得之結果以算煤中所含之元素，較無經驗者之元素分析為準確也。

茲將各項算法列下以備參考：

$H = \%$	可燃物中之氫百分比
$V = \%$	可燃物中揮發物百分比
$FC = \%$	可燃物中之純碳素
$C = \%$	可燃物中之總碳素
$V_1 = \%$	乾煤中之揮發物

$$V = \frac{V_1}{FC + V_1} \% \quad (I)$$

$$H = V \left( \frac{7.35}{V+10} - 0.013 \right) \% \quad (\text{II})$$

$$C = FC + \text{揮發物中之碳}$$

將各項算出後，再照下列各公式計算煤中之元素，均以乾煤為標準（所謂乾煤即煤外無水也）。

$$C_a = \% \quad \text{乾煤中之總碳素百分比}$$

$$S_a = \% \quad \text{乾煤中之硫百分比}$$

$$VM_a = \% \quad \text{乾煤中之揮發物百分比}$$

$$FC_a = \% \quad \text{乾煤中之純碳素百分比}$$

$$M = \% \quad \text{乾煤中之濕氣百分比}$$

$$D = FC + VM - C.$$

$$O_a = \% \quad \text{乾煤中之氧百分比}$$

$$H_a = \% \quad \text{乾煤中之氫百分數}$$

$$N_a = \% \quad \text{乾煤中之氮百分數}$$

$$C_a = 0.00512(B.T.U. - 40 \cdot 5 S_d) + 0.0053 \left( 80 - \frac{VM_a}{FC_a} \right)^{1.645}$$

$$O_a = \frac{8}{9} M + \frac{(D - 0.7 \sqrt{1 - 0.05(D - 9.5)^2})^{1.73}}{13.93}$$

$$H_a = 1.02(D - S_a - O_a) + 1.018 M - 1.65$$

$$N_a = D + M - S_a - O_a - H_a$$

例如：照上之近似的法而算出元素

計	開
純碳素	62.40%
揮發物	15.30%
水份	4.20%
灰	18.10%

按煤中之可燃物祇純碳素及揮發物兩項，則可燃料等於

$$62.40\% + 15.30\% = 77.70\%$$

$$(I) \quad V = \frac{V_1}{FC + V_1} = \frac{15.30}{77.70} = 19.69\%$$

查第一圖表  $V = 19.69$ . 揮發物中之碳 = 10.03%

$$FC = \frac{62.40}{77.70} = 80.31\%$$

$$C = 80.31 + 10.03 = 90.34\%$$

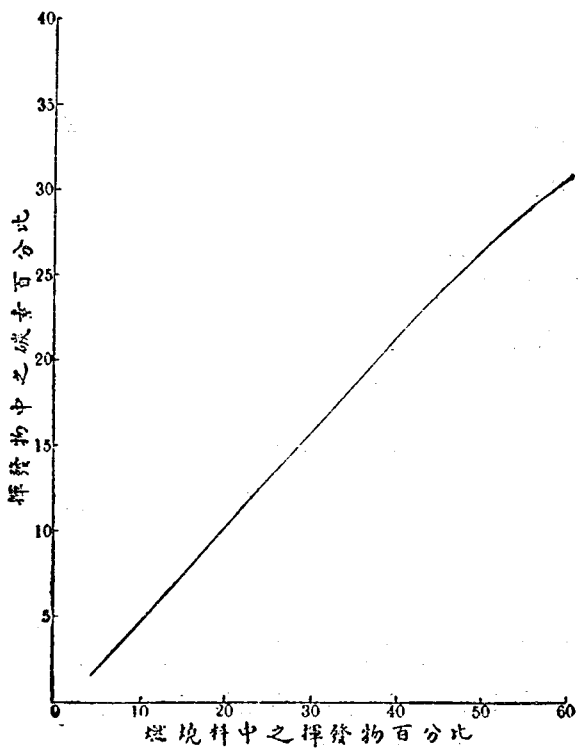
$$H = V \left( \frac{7.35}{V + 10} - 0.013 \right)$$

$$= 19.69 \left( \frac{7.35}{29.69} - 0.013 \right) = 4.27\%$$

因煤中所含可燃物祇 77.70% 若將以上之氫及總碳素改爲煤中所含者則以 77.70 乘之以 100 除之即得。



第一圖表



則

$$H_d = 4.27 \times .777 = 3.32\%$$

$$C_d = 90.34 \times .777 = 70.19; \% M = 4.20\%$$

$$D = FC_d + VM_d - C_d = 77.70 - 70.19 = 7.51\%$$

$$\begin{aligned} O_d &= \frac{8}{9}M + \frac{(D - 0.7\sqrt{1 - .05(D - 9.5)^2})^{1.78}}{13.93} \\ &= \frac{8}{9} \times 4.20 + \frac{[7.51 - 0.7\sqrt{1 - .05(7.51 - 9.5)^2}]^{1.78}}{13.93} \\ &= \frac{8}{9} \times 4.20 + \frac{(7.422)^{1.78}}{13.93} \\ &= 3.756 + \frac{35.44}{13.93} = 3.756 + 2.544 = 6.30\% \end{aligned}$$

煤中所含之硫須照以上所說之法化驗所得之百分比加在此處即可算出煤中所含之氮。

$$N_d = D + M - S_d - O_d - H_d$$

煤中所含之硫愈少愈妙，緣硫易成溶滓，熱值亦甚少也。

## 五 煤中之熱值

工廠中所算之熱值以一磅乾煤所包含之熱量單位(B.T.U.)。每磅煤在爐中燃燒之，能蒸發鍋中之水若干磅，並不能決定汽鍋之效果，蓋汽鍋之效果為每磅煤所蒸發水中之熱值與每磅煤中所含之熱值相比，是以各大工廠均以煤中所含之熱值以標定煤價也。

欲決定每磅煤中包含之熱值須採用量熱器，最合用者爲衣謀森氏之量熱器 (Emerson Calorimeter)，並最準確之溫度計能讀至百分之一的一度者，其理由係以稱準重量之煤裝於量熱器中所備之小鋼罐內，通以電流及氧置於量熱器內，器中貯有已知重量及溫度之冷水，然後通電將煤燒着，小心記載冷水中之溫度，俟溫度不復上升時，即知煤已燒完，按一熱量單位 (*B. T. U.*) 即一磅水增加華氏表溫度一度，購量熱器時，器中均有說明書，書中詳載該器之用法及計算，量熱器種類繁多，用法及計算均各不相同，因各量器中均附有說明書故本書不贅述。

如工廠中不備量熱器，則用以上近似的分析所得之結果，而計算之亦可，惟結果似較實在約大百分之一耳。

以	$C = \%$	燃料中之總碳素
	$H = \%$	燃料中之氫
	$O = \%$	燃料中之氧
	$S = \%$	燃料中之硫

每磅煤之熱值 =  $14,544C + 62,028(H - \frac{O}{8}) + 4050S$

例如：有煤樣中化出以下各元素求熱值。

$$C=87.25\% \quad H=3.53\% \quad O=4.24\%$$

$$S=1.33\%$$

則煤之每磅熱值應為：

$$\begin{aligned} 14,544 \times .8725 + 62,028 \left( .0353 - \frac{.0424}{8} \right) + 4050 \times .0133 \\ = 12,689.64 + 1,860.84 + 53.865 \\ = 14,604 \quad B. T. U. \end{aligned}$$

以上之計算因氧之百分比比實在較大，則計算之結果，有時相差約百分之一。

茲將歷年化驗煤樣之結果，畫成以下圖表以備閱者參考，須知碳素與熱值之關係，就以下之圖表揀尋熱值較為準確也。

第二圖表之用法：

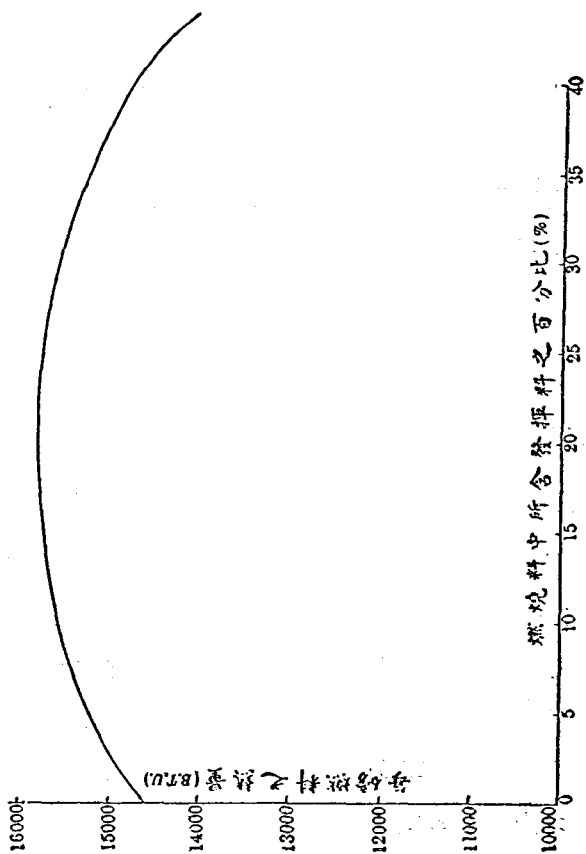
此表係根據美國紐求賽省公共電力公司歷年化驗各種煤樣之結果聚集而成，以備化驗煤樣後之參考。

其用法如下：

設煤樣化驗之結果為：

純碳素	62.40%
揮發物	15.30%

第二 四 表



水份	4.20%
灰份	18.10%

以上可在火中燃燒者，惟純碳素及揮發物二項，故稱爲可燃物。

則可燃物爲  $62.40 + 15.30 = 77.70\%$

可燃物中所含之揮發物爲

$$\frac{15.30}{77.70} = 19.70\%$$

查圖表則每磅可燃物中應含熱值爲 15,800 B.T.U.

但每磅煤中祇有可燃物百分之七十七又十分之七，則每磅

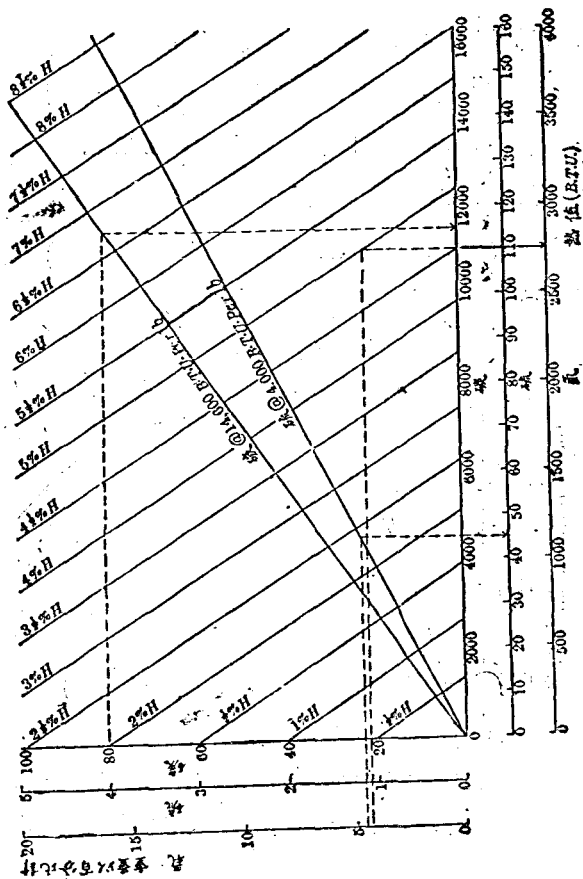
煤應含熱值爲  $\frac{15800 \times 77.7}{100} = 12,326.6$  B.T.U.

第三圖表之用法係根據已知煤中各元素而查每磅熱值，設煤中元素爲

碳	79.90%	氫	4.98%
氧	4.31%	氮	1.85%
硫	1.15%	灰份	1.83%
水份	2.91%		

碳橫線 79.90% 以 80% 至碳斜線至箭頭指示爲

第三圖 表

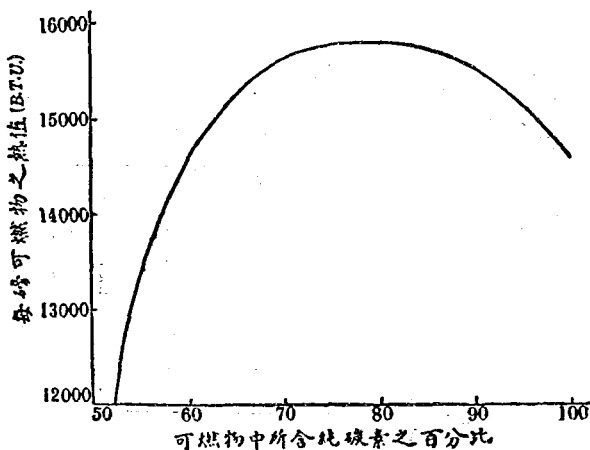


11,500 B. T. U. 硫橫線 1.15% 至硫斜線以箭頭指示為 45 B. T. U. 氧橫線 4.31% 至氫之斜線 4.98% 以 5% 計, 以箭頭指示為 2,750 B. T. U. 則該煤之每磅熱值為

$$11,500 + 45 + 2,750 = 14,295 \text{ B. T. U.}$$

第四圖表係根據可燃物中之純碳素成份, 以查熱值與第二圖表之以可燃物中之揮發物為根據者相同。查法與計算與第二圖表相同, 但用純碳素計算耳。

第 四 圖 表





## 六 灰與溶滓（即結練塊）

煤中之灰來源有二，其一為原來植物中所有成灰之物質，其二為壓入煤層中之泥砂，此二者因與煤結成而無法分開，至於在礦中採煤時無意混入煤中之泥砂，一經篩洗即可分除矣。

灰為以下之混合物而成，即矽，氧化鋁，氧化鐵，硫磺及小部分之氧化鎂，氧化鈉及氧化鉀是也。溶滓係灰粒黏結或融液而成結練塊，如灰之融化溫度在華氏計  $2700^{\circ}F$  以上，加之燃煤得法，即無此種際遇。

溶滓共有兩種即硬溶滓與軟溶滓也。硬溶滓係灰之融化而成，或僅因灰中之一部份物質融化而成，故皆成小塊之硬融滓而入灰中。如硬溶滓練結成極大之塊，則全係燃燒法不善之結果，因灰之在爐條上者較煤火為冷，故不應溶化，小塊硬溶滓本不為患，若伙夫治火不善常能使硬溶滓與融灰黏結而成極大之塊。

軟溶滓係成溶液留在爐條上，但溫度如降落即成硬塊。軟溶滓常漸積漸大而常能將爐條遮蔽而不通風。軟溶滓形

似濃油，流開甚快，故甚為患。有時軟溶滓與硬溶滓，外貌相似，細察之則僅上有硬壳餘下均為流液。

欲解決溶滓問題需要以下之兩種度量：

(一)決定煤中之溶滓對於實用上有妨礙否，其最要者並不計算灰中溶滓之總量，因多數之無黏性的小硬溶滓並不為患，而少數之流液體之軟溶滓能成爐中大患，然則最可靠之判斷須由小心考察爐火而得。

(二)由試驗室中化驗之結果，知灰中所含之礦質有軟性溶滓之可能，化驗室中化驗灰之最要者厥為灰之融化溫度，實際上灰之融化溫度恆在華氏溫度計 2400 度與 2500 度之間，故在 2500 度以上為灰之融化溫度，則無溶滓，如在 2400 度以下，則有溶滓，故準標準之數則灰之融化溫度須為 2450° F.

查驗灰之融化溫度法：查驗之灰，須先做成小圓錐體，其做法如下，先用五十至一百克曾經磨細並過篩之細煤粉，將其攤開在約六寸徑之黏土碟子上，將其置於攝氏溫度計 800 度之火上燃燒成灰，然後將灰再磨細過篩，和以蒸溜水，用銅模子印成立體三角形，置在鐵板上涼乾，刷以膠水，

用小火烘三十分鐘，每個灰做之三角立體形約重二克，將其置於坩鍋內在攝氏溫度計 800 之火上燒之，火力逐漸增加並用高溫計(Pyrometer)以計以下之溫度。

(一)在三角體變形時之溫度。

(二)在三角體軟化後變成圓塊時之溫度。

(三)在溶灰散開成一薄層時之溫度。

如溶灰在  $2400^{\circ} F$  華氏表溫度以下者則有溶滓之患也。

### 七 煤之價值與發蒸汽

煤之價值，汽鍋之效果，及管理上經濟為目下之最須討論者，常有用低價煤而汽鍋之效果得百分之六十五 (56% efficiency) 較用高價煤，而得汽鍋之效果，僅百分之七十五 (75%) 者為有利益。有時因汽鍋之效果減低而所發之蒸汽不敷應用而須添置汽鍋，所費不貲，此則不可不考慮者也。

計算煤之實價須包括以下之各項費用

(一)煤價以運至工廠為止，每噸價

(二)由廠門運至蓄煤室，每噸價

(三)由蓄煤室運至汽鍋房，每噸價

(四)搬運煤灰出廠，每噸價

(五)存煤所用銀之利率，每噸價

除此以外，運來之煤須照已經化驗之煤樣，故運來之煤每次均須重復化驗，以便決定其是否與原樣相符。偶一不慎，則煤商乘機將次貨摻入，工廠中則受重大之損失矣。

小塊之白煤能用以燒發蒸汽者價亦低廉，如工廠之就近有白煤礦山，則廠中之鍋爐皆裝設排列較密之爐條，使其合於燃燒最小塊粒之白煤，取其價廉而兼省運費也。惟送到工廠之煤亦須細心檢看須與原定塊之大小相同。如煤商以多數細塊及煤粉摻雜其中，則廠方不但於價格上吃虧，而且一經入爐則有多數之細塊及煤粉由爐條縫中漏入灰坑，則此中之損失更鉅矣。煙煤與半煙煤之等級及價格之相差較白煤更鉅，故不可不隨時考驗，並每磅煤能燒發若干磅蒸汽之實試。

選購煤時須將以下之事實攷細考慮。

(一)市面情形。

(二)廠中汽鍋之格式及其特性。

(三)蒸汽量數之需要。

(四)煤商能否陸續供給同等同樣之煤。

(五)該項煤是否能經受長途運輸。

低級煤及木煤，一經搬運極易破碎，且煙煤及木煤之小塊，堆積於廠中太多，常能自行生熱因而發火自燒，(Spontaneous combustion)。汽鍋之式樣與選煤最須考慮，如爐中之火箱(即燒火之處)地位不大，長火苗不能通行，則不宜用包含揮發物太多而燃燒太快之煙煤，爐中之火箱大者，中有火磚砌隔，而使空氣得以調和其中者，則宜用包含多數揮發物之煤。

光平之爐條上須燒較大塊之煤亦能燒發生多量溶滓之煤，魚骨式或針孔式之爐條上應燒小塊煤，或爐條上裝有自動出灰板者，並能燃燒包含多量灰份之煤。

如裝有燒煤機器者(Mechanical Stoker)，須知燒煤機器不能燃燒各種煤而發生同等之效力。例如鍊條燒煤機器則不宜用易結餅之煙煤而最宜用易燃而多灰之煤。如進風力小者須用大塊且易燃之煤，若木煤，低等煙煤及細塊之白煤須有多量之風力以助其燃也。是以爐中進風之大小須隨煤塊之大小，結餅與否，灰份多少及其溶滓之性質而定也。

如用人工搬煤出灰則此項費用亦須在考慮之中也。

設廠中須時用多量之蒸汽且有時須用且多則燒煤須快，若灰之融化溫度在華氏溫度計 2400 度以下則不合用，蓋燒煤快則溫度必高也。

總之燒煤之成功與失敗須視管理者訓練工人之方法是與否也。

如廠設城中，則多煙之煤是不合用，如灰份太多運灰之費用亦在考慮之中。

煤中所含之灰份有關於煤之價值，蓋灰份多則每磅之熱值則因之而減也，且運輸煤灰之費用亦須加增也。

大概商家所售之煤均含有百份之三至百份之二十五之灰份。煤中含有甚小之灰份則不但其熱值增多，而且在爐中不阻止空氣之輸入，管理爐火之工作亦簡而易也。

含有多量灰份之煤，須有增加之風力以助其燃燒，因之燒爐恒有漏風之慮，如不增加風力，則多量之灰在爐條既能阻空氣之輸入，復有成溶滓之可能。茲列表於下以備參考焉（小塊白煤之實驗）。

煤中所含灰份	每磅能燒發蒸汽	熱值每磅
10%	10.0 磅	12,840 B.T.U.
14%	9.2 磅	12,400 B.T.U.
16%	8.7 磅	12,000 B.T.U.
18%	8.0 磅	11,700 B.T.U.
20%	7.6 磅	11,300 B.T.U.
22%	7.3 磅	11,000 B.T.U.
24%	7.1 磅	10,750 B.T.U.
26%	7.0 磅	10,500 B.T.U.

煤塊之大小與汽鍋之蒸發量之關係亦須詳細考慮，如通風力小則小塊之煤不易燃燒，則汽鍋之蒸發量因之而減，如火太薄，則汽鍋之效果常以火之厚薄不勻而低減，煤末常因通風不良，而由煙囪中飛出而丟失也，故爐中須燒如拳大之塊，俾得最完善之結果。

煤中之水份與汽鍋之關係，亦必須詳細考慮。煤中如含有水份則汽鍋效果減低之比率較灰份為鉅。如煤中所含之水份與原樣不符，則廠中之損失甚大也。祇以每磅有12,000 B.T.U. 熱值之煤為標準，列表如下以備參考（餘則照以下

率比推算)

每 磅 煤 中 之 水 份	每 磅 煤 之 熱 值
0%	12,000 B.T.U.
10%	10,700 B.T.U.
20%	9,300 B.T.U.
30%	8,000 B.T.U.
40%	6,700 B.T.U.
50%	5,400 B.T.U.

就實地考察所得，則每磅煤中含有百分之一之水份，則每磅煤中即有 130 B.T.U. 熱量之損失，管理工廠者豈可不考慮也。

煤中所含氧太多，亦為煤中損失熱值之源，蓋氧氣太多，汽鍋之效果因之低減。若按理論則煤中含氧於燃燒本無關係，豈知以實驗所得則大不然也。

煤中所含之硫多則熱值減低，且易有溶滓，若堆積太多常有發生自燃之虞也。

## 八 購煤法

增進生力廠或其他工廠經濟之要法則為能採用最完善



之購煤法。

我國環境與他國異，故欲採用購煤之善法，殊為不易。然購煤之數要點不外乎下列各項：

- (一)煤中所含之水份，
- (二)煤中所含灰之成份，
- (三)煤中所含硫之成份，
- (四)每磅之熱值。

煤與汽鍋之關係已簡略言之，如欲得最準確而可靠之結果厥惟燃燒之一法。在未訂購煤之先應先將市面上最易購得之煤，逐一取樣化驗以決定煤中所含之元素成份及其熱值然後實試燃燒以定其效果。如係大規模之工廠，年用煤斤量數至鉅，應將選得之煤數種，招商投標，每商每年供給若干噸，交貨及交銀之辦法均須仔細考慮，每次所交之貨須與原樣相同，定價時須以熱值為標準，每一百萬熱值定價若干，須訂立正式合同，煤價須按熱值增減也。

例如：所擇之煤最合汽鍋之用者，所含水份為百份之三，灰份為百份之十五，熱值每磅為 13500 *B. T. U.* 價每噸 2200 磅價洋十三元，煤樣塊末各半。

每噸熱值為  $13500 \times 2200 = 29,700,000 B. T. U.$  則每  $1,000,000 B. T. U.$  之熱值約須洋四角三分八釐，以此數為標準。嗣後交來之貨若每磅熱值有參差，則給價仍以每  $1,000,000 B. T. U.$  一百萬熱值以四角三分八釐計算。照以上之法購煤則可杜絕煤商用以下之弊端。

(一) 摻加次煤。

(二) 煤中摻水以增煤之重量。

因次煤之熱值小，多水份之煤熱值亦小也。不過次煤之灰份較多，以熱值計價本不吃虧，然運灰出廠之費因之加增，則亦為廠方無形之損失，則灰份之多寡亦值得考慮者也。

如煤價係按值而定，則煤商每次所交之煤，須檢取煤樣化驗熱值及灰之成份，若灰之成份超出原樣百份之二以上者，則煤價須遞減百份之二，以補償廠方運出多量煤灰之損失。

例如：原來煤樣灰份為百份之十二，熱值為每磅  $14,000 B. T. U.$  合同定價連運費至廠門每噸為洋十四元，每噸以  $2,240$  磅計，設運來之煤每磅熱值為  $13,500 B. T. U.$  灰份為百份之十六，則每噸煤價須為

$$\frac{13500 \times 14}{14000} = \$13.50 \quad \text{洋十三元五角}$$

再減去超出原樣百分之四之灰份：

$$\frac{4 \times 13.50}{100} = \$ 0.54 \quad \text{洋五角四分}$$

則按合同須付煤價每噸洋十二元九角六分。設如運來之煤較原樣為優，則煤價亦應照加，兩不相欺方有良好之結果。

例如原來煤樣灰份為百份之十二，熱值為每磅 14,000 *B. U. T.* 合同定價每噸連運費洋十四元，運來之煤設每磅熱值為 14,200 *B. T. U.* 灰份為百分之十，則每噸煤價須為

$$\frac{14200 \times 14}{14000} = \$14.20 \quad \text{洋十四元二角}$$

再加灰份照原樣減低

$$\frac{2 \times 14}{100} = \$ 0.28 \quad \text{洋二角八分}$$

則每噸煤價須付洋十四元四角八分。

招商投標之後如煤樣相合，則應立合同並須立有每次交煤若干噸之保證。合同之最要各項須詳細註明，例如：

(一)承辦人行名

- (二)煤名
- (三)礦名
- (四)礦在何處
- (五)如何運輸
- (六)煤中所含灰份
- (七)每磅熱值
- (八)煤塊成份
- (九)煤粉成份
- (十)每噸連運費定價
- (十一)如何交貨
- (十二)如何付款

除以上各點外尚有數項須訂明者，即不合汽鍋用之煤，承購人即可退還承辦人。

- (一)與原樣相差太遠。
- (二)煤中摻入多數石塊及雜物。
- (三)所含硫成份超過百分之三。
- (四)每磅熱值不及 10,000 *B.T.U.*
- (五)煤中加水者。

## (六)煤中灰份超過百分之二十。

如犯以上各點者承購人得將煤退還承辦人，並得隨時取銷合同。

## 九 洗 煤

當煤出礦時有多數泥沙摻雜其中，一經沖洗即可除清。余在廠時曾用同樣煤分為兩堆，其中一堆曾用水沖洗，將兩堆煤樣分別化驗後，作實地考察，將兩堆煤分兩汽鍋燃燒，洗煤燃燒較快，蒸發亦快，灰份較少，不過燒時多煙，效果亦低。祇將考察二十六次之平均結果列下，以備參考焉。

名 詞	生 煤	洗 煤
水份 Moisture.	7.48%	8.06%
灰份 Ash.	12.48%	7.84%
硫 Sulphur.	2.99%	2.24%
灰中渣滓 Clinker in refuse.	42.00%	41.00%
燃燒料中之發揮料 Volatile in Combustible.	40.50%	40.82%
汽鍋之量率 Per cent rated capacity.	89.90%	96.60%
效果 Efficiency.	66.95%	64.82%
黑煙 Black Smoke.	18.10%	26.30%
一氧化炭 Carbon Monoxide.	.12%	.19%

就以上之考察，則洗煤之優點僅灰少，蒸發快，然效果反低。在我國則不然，余在京時曾用開灤礦之第一號之生煤末及第一號之洗煤末作同樣之考察，則結果又不同。蓋我國煤商常以泥沙故意摻入煤粉中，故洗煤粉之效果亦高也。

## 十 囤煤法

囤煤之需要因市面變遷之關係，及礦山罷工並運輸不靈通之危險，在我國更為重要。各工廠常囤多量之煤以備不時之需，然不得其法，則害多而利少也。

白煤為最合囤積之煤，因其不能自燃 (Spontaneous Combustion) 故能堆積無限止數量之高堆。煤中之最難囤積者則為煙煤，因其不獨被熱後能自燃，且因囤積不良而丟失多數之元素。丟失之理蓋空氣中之氧侵入煤中，致熱值之減低，有時且增其體積及重量。若囤積得宜則每年囤積之煤反有利而無害，常有囤積一年以上之煤，損失熱值不及百分之一。

囤積煙煤最大之損失，則為煤因受熱而自燃，故在熱天積囤之煙煤常能自燃。如遇煤堆自燃，則必須將煤堆用鏟攙

開再用水灌救，否則不能熄滅也。

以下為囤煤之要點，雖費用較大，然能避除一切無形損失及自燃之危險，較之不良囤積之法而有利也。

- (一)煤堆最高不得過十呎。
- (二)最好全囤過篩之煤塊。
- (三)不許塵土侵入。
- (四)堆積時將大小塊攙雜不讓大塊滾下。
- (五)兩個月後重復堆篩一次（以後不必再動矣）。
- (六)堆積之處須不受日光或其他熱氣。
- (七)出礦後之煤須經過六十日方可囤積。
- (八)堆煤之處須不受雨淋日曬。
- (九)煤不可堆在能透潮氣之地上，或堆近牆邊。
- (十)取用煤時，先取溫度較高處之煤。

如須囤積煤粉，則最妥善之法，係將煤粉緊裝於一封固而不通風之屋內。如此法不便，則將煤粉囤積水中，此為最安全之法。

若用以上之法囤煤，則各種損失自然減低，既無自燃之危險，復無減低熱值之損失。余在美國時各廠均囤積可燒兩

月之煤，以備礦山罷工時或交通阻隔時之用。此種煤囤隨時取用，隨補新囤，囤煤悉照上法，常有囤積一年以上之煤復經化驗鮮有熱值之損失超出一千份之八者。然鉅大之金額因囤煤而損失利率。故管理工廠者須不時考慮，若市面平穩，地方安靖，則無囤積多數煤量之必要也。

### 十一 度量煤斤

各工廠稱煤之法依據運輸之法而定。工廠中有用各式運輸棧運煤入廠者，有用車船運入者。入廠後或卸入煤堆，或運入汽鍋房之蓄煤處，或運至數處堆積。在未運入之前，煤須過磅稱準。大規模之廠中，均備有稱煤機器，煤經過其上，重量即已記明，此項辦法雖佳，然每日無汽鍋燒煤若干則無從推算。故汽鍋房中必須備有相當之稱煤器。有多數工廠將煤隨時用機器運至汽鍋房之樓上，再用管子通至爐中，管子上裝有煤量記數計，每次煤由管內漏落時，即自動記載煤之重量，若此則每日每汽鍋所用之煤即可推算。尙有其他工廠用小鐵車運煤入汽鍋房以備燃燒；每次小車經過一地上平置之磅稱以稱重量。度量煤斤為各工廠之要事，故器械



必須準確，商人既無從欺騙，廠方亦減少消耗。綠汽鍋燒煤太多則管理人立刻須尋其耗費之故何在，故汽鍋房中每日每汽鍋燒煤若干噸，管理人必須認真記載方可。

## 十二 木與其他燃料

我國東北極邊煤斤缺乏而多森林。用木代煤為燒發蒸汽之需，茲將各種木材平均熱值列表於左。

名目	平均熱值每磅
稻草 Straw	5,100 B.T.U.
栗 Chestnut.	5,400 B.T.U.
榆 Elm.	5,400 B.T.U.
樺 Beech.	5,400 B.T.U.
橡 White Oak.	5,400 B.T.U.
美洲胡桃 Hickory.	5,400 B.T.U.
櫻桃 Cheery.	5,420 B.T.U.
槐 Ash.	5,450 B.T.U.
核桃 Walnut.	5,460 B.T.U.
黃松 Yellow pine.	6,660 B.T.U.
白松 White pine.	6,830 B.T.U.
樺木 Birch.	5,580 B.T.U.
泥炭 Peat.	7,500 B.T.U.
玉蜀黍 Corn.	7,800 B.T.U.
松 Hemlock.	6,410 B.T.U.
甘蔗皮渣 Bagasse.	8,300 B.T.U.
樹皮 Tanbark.	6,100 B.T.U.

如用木材燃燒汽鍋，木材需先曬乾方可應用。惟汽鍋之爐子 (Furnace) 須較寬大。若燃燒得法亦可卜得 50% 至 70% 汽鍋之效果 (Boiler efficiency)。如以木材和油燃燒則火力高而結果更佳。

### 十三 油燃料

我國產油之地尚未完全開發。將來一經開發，油價減低，用作燃料最為合宜，石油之未經製煉者最合燃料之用。燃料油所含全為碳化氫 (Carbon and hydrogen)，其每磅之熱值常在 17500 *B. T. U.* 與 21,000 *B. T. U.* 之間。最合於燃料用之油其燃點 (Flash point) 約須華氏溫度計 150 度 ( $150^{\circ}F$ )。用作燃料之油須為完全液體，其中不許摻水或其他固體雜物。化驗油之熱值所用之量熱器 (Calorimeter) 以馬樓氏 (Mahler's) 所置者為最佳。

如價格合宜用油作汽鍋燃料其優點如下：

(一)搬運及堆積之價較煤低廉，且無降落熱值及自燃之虞，佔據地位少，少數之重量與多量煤之熱值相等。

(二)燃燒完善，空氣之輸入無阻故易管理，既無丟失且

甚清潔。

(三)火之高低可隨時較準，以備不時之需，極短時間內可加增蒸發多量之蒸汽，即火熄滅後，蒸汽仍能供給數小時之用。

(四)伙夫一名能照管汽鍋八具至十具，大規模廠中節省工資甚多，伙夫亦不必擇有力之人充當，即在平時工作期內，隨時可作考察汽鍋之試驗。

(五)燃油無灰並且無煙，不用巨大之煙囪。

惟將鍋爐改裝合於燒油者，所費甚鉅也。故管理人須通盤籌劃，以何者為有利也。

#### 十四 氣體燃料

我國四川省頗多天然煤氣 (Natural gas)。若用之以燒汽鍋其利益與用油作燃料同，因其清潔而省工也。若自製煤氣以備汽鍋之用則不經濟矣。

天然煤氣與礦油之產生略同，因其所含，亦為碳化氫 (Hydrocarbon)，每磅氣體之熱值約 21,000 B.T.U. 此種天然煤氣亦可用以行動內燃機。

製造焦煤爐中所發出之煤氣最合燃燒水管汽鍋之用而得甚高之效果，該種煤氣約百份之八十為碳化氫每磅之熱值約 14,000 *B.T.U.*

惜乎我國之辦實業者不遑計及於此，以致四川省中產生最富之天然煤氣，尙未全數採用，若用之以燒汽鍋其利大矣。

## 第二章 燃燒(Combustion)

### 一 燃燒之化學作用(chemistry of combustion)

可燃物(Combustible)即燃料中(Fuel)之一部份能與氧混合者。在實試時可燃物之名稱即燃料中減去水份及灰份後留下之一部份是也。

完善之燃燒(Complete combustion)若可燃物能與適足之氧連合則碳素(Carbon)燒為二氧化碳(Carbon dioxide= $\text{CO}_2$ )。不完善之燃燒則可燃物不能與適足之氧連合則碳素燒為一氧化碳(Carbon monoxide= $\text{CO}$ )。故欲得完善之燃燒必須供給爐中以適量之空氣使煤中之碳素俱燒為二氧化碳。若供給空氣過量，則多數熱量必由煙囪中逸去。然則何者為適量空氣之供給，當詳細論說之。

若用氧(oxygen) 燃燒一磅碳素可成  $3\frac{3}{8}$  磅二氧化碳之氣體而發生 14,544 B.T.U. 之熱值。

若用空氣(air)燃燒一磅碳素可成 12.52 磅之氣體；其中  $3\frac{2}{3}$  磅為二氧化碳，餘則為燒熱之氮(Nitrogen)。

若用氧燃燒一磅碳素成  $2\frac{1}{3}$  磅一氧化碳之氣體而發生 4,351 B.T.U. 之熱值。

是則不完善之燃燒每磅碳素有損失 10,193 B.T.U. 之熱值。

若知爐中因空氣不足而發生一氧化碳，再加入空氣之供給，使一氧化碳成二氧化碳，則每磅碳素僅發生 10,193 B.T.U. 之熱值。故不能在任何時間使空氣不足而受此重大之損失。若不論何時空氣之供給忽減則二氧化碳將燒成一氧化碳則成( $CO_2 + C = 2CO$ )，熱值減至 $(14,544 - 2 \times 4,351) = 5,842$  B. T. U. 之熱值。則每磅碳素改成一氧化碳僅有  $\frac{1}{2} \times 5,842 = 2,921$  B. T. U. 之熱值。一經疎忽損失至鉅，可不慎乎。

今將煤得完善之燃燒，按其次序而言，煤中含有水份，入爐後水份先乾，溫度增長時則去其一部份之揮發物，得氧之供給而燃燒於火上，俟揮發物完全燒去後，則煤之溫度增高碳素然後燃燒，碳素之燃燒需時甚長並需甚高之溫度。就

實驗所得，須要適量之空氣祇有百分之五十能從火下輸入，其餘之百分之五十必須從火上引入也。

## 二 空氣之需要

按體積而論則空氣中含有 20.91% 之氧及 79.09% 之氮。按重量而論則空氣含有 23.15% 之氧及 76.86% 之氮，並含有少數之塵土，水份，及其他氣體。

以下之公式可用以計算空氣之重量及其體積。

$$VP = 53.4T$$

$V$ 代表一磅空氣之體積以立方呎計。

$P$ 代表每平方呎面積上之絕對壓力以磅計。

(atmospheric pressure = 14.7 lbs. per sq. in.)

$T$ 代表華氏溫度計之(絕對)溫度。

Absolute temperature Fahr. =  $^{\circ}F + 459.6$

53.4 = Constant for air. 空氣之常數。

若用以上之公式計算他種氣體可用下列之乘數。

氣 體 名	常 數
氧	48.24
氮	54.97
氫	765.71
二 氧 化 碳	35.09
一 氧 化 碳	55.14
二 氧 化 硫	24.10

一磅碳素須有  $2\frac{3}{8}$  磅氧之供給得以完全燃燒，結果成  $3\frac{3}{8}$  磅之二氧化碳。空氣中之氮則無變化，僅在爐中燒熱後由煙囪中逸出。空氣中所含之氮與氧之比為 3.32，故空氣中有  $2\frac{3}{8}$  磅之氧則有  $2\frac{3}{8} \times 3.32 = 8.85$  磅之氮。空氣總數之重量須  $2.67 + 8.85 = 11.52$  磅用以供給一磅碳素之燃燒。美國各工廠採用以下之公式以計算每磅可燃物 Combustible 所需要空氣之供給。

$$A = 34.48 H + 11.58 C + 4.336(S - O)$$

$A$  = 空氣磅數     $H$  = 可燃物中之氫     $O$  = 可燃物中之氧  
 $C$  = 可燃物中之碳素     $S$  = 可燃物中之硫

實際上須增加以上算出之數百分之三十至百分之五十



方能完善之燃燒。是則對於每磅燃物應供給十六磅至十八磅之空氣以助其完善燃燒，若空氣不足則發生一氧化碳，空氣太多則巨量之熱值均由煙囪中逸去。

工廠之經濟全恃免除汽鍋房之耗費，欲免除耗費須燒煤完善，欲得完善之燃燒而無損失則賴乎有適量空氣之供給，以上數點與汽鍋本身之構作與煤之燒法均有連帶關係，故必逐步詳說之。

### 三 爐與爐之面積

爐中有爐條用以支持火床 (Fuel bed) 並許空氣之輸入。爐條之構作須因空氣之連續輸入而使爐條上有同樣較低之溫度而使灰不能融化而成溶滓。爐條相距之地位須以所用之煤而決定，爐條每條離開之地位須闊使易進風，但不能太闊而使煤漏落。

燒煙煤之汽鍋，爐條每根須闊  $\frac{3}{4}$  英寸，排列整齊，每根相距  $\frac{1}{2}$  英寸。

以人工燒火 (Hand fired) 之爐，其爐面之深淺即 (Depth of grate Surface) 須以人工之能力而定，大概爐深

十英尺至十二英尺，傾斜(Slope)每英尺爲一英寸半爲佳。

爐面(Grate Surface)與汽鍋受熱面積(Heating Surface of the boiler)之比例，須以所用之煤類爲根據而定者，方有最高之效果。

茲列下表以備參考

煤 類	爐 條 間	相 距	爐面與受熱面 比例
白煤塊	$\frac{3}{4}$ 英寸	$\frac{5}{8}$ 英寸	1:40
白煤細塊	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{16}$	1:30
煙煤(Run of Mine)	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	1:55
煙煤粉	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	1:45

爐面之大小係根據煤類，可得之風力(Available draft)及燃煤率而定。燃煤率者即在每平方英尺爐面上每小時能燒煤若干磅之名詞也。

若用人工燒火並由煙囪通風，平均之燃煤率如下：

白煤每平方英尺爐面上每小時能燒十五磅  
 半白煤每平方英尺爐面上每小時能燒十六磅  
 半煙煤每平方英尺爐面上每小時能燒十八磅

煙煤每平方英尺爐面上每小時能燒二十至三十磅

#### 四 手工燒煤法

人工燒煤均採用以下二法。

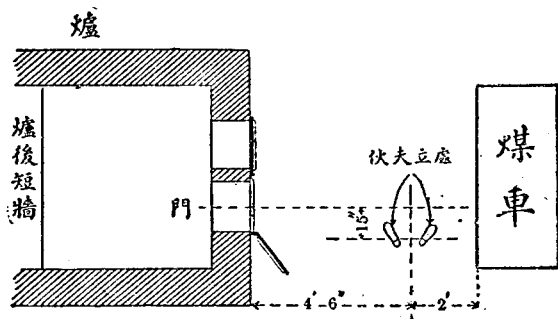
(一)攤開法(Spreading Method),其法每次以少數之煤加入爐中,將煤平整攤開在火上由前到後,加煤時爐門按次序加入使爐中之火不完全為生爐遮蔽,此法為人工燒煤之最善者。

設爐上裝有三扇爐門,先由第一及第三門加進之煤攤開在爐之後部,同時由第二門加進之煤攤開在前部,第二次加煤將第一及第三門中加進之煤攤開在爐之前部,而將由第二門中加進之煤攤開在爐之後部,照此輪替加煤效果最良。

(二)蒸煤法(Coking Method)其法將生煤加入爐中在爐之前堆高,俟其燒熱將燃時推入爐之後部,其唯一之目的即常能保守爐之後部有強烈之火,不過每次加煤須隔較長之時間,故二氧化碳之成份較低,且有過量之空氣由煤薄處吹入,如蒸汽之需要高低不定,則此法更不合用矣。

手工燒火法之標準,伙夫須立於適當之地位,使其能見

## 伙夫之適當之立足處



火薄之處，且能用些少力量即可將煤用鏟拋擲入爐中矣。上圖係伙夫應立之地位及煤車之距離，伙夫應立在爐門中心點距約十五英寸之左邊面相右，如此則伙夫可以觀望爐中之火甚為清晰。

用鏟送煤入爐時，握鏟須平直，行動成一直線，鏟到爐門，則將鏟底在門檻上一碰，則煤自然由鏟上跳入爐中，若此則伙夫既省力，又可將煤散入適當之地點。

用手工燒汽鍋係一為難之工作，須有充分之判斷及知識，方有良好之效果。伙夫在爐前須有適當之地位可以持鏟動耙，若煤車離爐不及七英尺，則伙夫因地位擁擠之故，勢

必傍立他處以避極熱之火燄。若此則其因不能看見火勢將煤亂加或狼藉滿地或僅堆置爐口，結果則火面不平整致汽鍋之效果低落，且須不時將火面耙平使熱量丟失。

爐門及箠均須平滑無阻易於啓閉及易於加煤。煤車之構作以易於將煤鏟出者爲上，否則每次加煤時爐門開啓爲時太久，而過量之空氣乘隙侵入矣。大約有百分之一以上之煤因不注意以上各點而損失。常見有多量之煤狼藉地上，被足踏及車輾成末而和入灰中，即使再鏟入爐亦不能發生若何之火力，此項損失實爲多數廠中之通病。

將煤在高大之溫度中快燒實爲最經濟之法。故煤須少加，次數須多，若此則煤薄之處不致燒通，而過量之空氣無從透入。每次加煤之量數須根據爐面之大小及所得之風力爲標準。如煙囪中所進之風在風力計(Draft gauge)上指示係一寸水(風力計用法後詳)則每次每平方呎之爐面須加煤二磅至二磅半，相隔之時間約每五分鐘。風力較以上高，則相隔之時間爲每三分鐘，若風力較弱則相隔之時間爲八分鐘。但無論如何則相隔之時間無有過十分鐘者。此法係煤之供給與空氣之供給互相輔助，因手工燒煤之工廠有不差

變之空氣供給也。

何以加煤之法須煤量少而次數多，其理如下。生煤加入爐時，揮發物(Volatile Matter)因受熱而立刻蒸發，約須用兩分至五分鐘之時間使揮發物完全蒸發。故在初加煤後火面上須由煙囪中引入多量之空氣，在二分至五分鐘後則空氣必須減小。此項增減空氣輸入之較準實非易事。

若以不差變之空氣供給，則初加煤時空氣似乎不足；俟揮發物完全蒸發後，則空氣又太多。故加煤少而次數多則以上兩項之損失極微也。雖市上有自動管理空氣供給機之售賣，然以余之實驗而得則少加煤而次數多之法為優，且勤加少數之煤亦為免除火面上起殼之弊也。

察看火面上有無燒薄及有無空隙，亦為手工燒火之要點，最要者係察看爐前部之兩角及兩爐門之中間，如有空隙或燒薄處速用生煤墊密，或耙平，如用加煤機器者則須察看煤斗(Coal hopper)下有無漏空氣之處。

有時因察看爐火使爐門不時啓閉，使過量之空氣得以侵入，最好在爐門上開  $1\frac{1}{2}$  英寸之看洞(Peep hole)再鑲以雲母片(Mica Sheet)則以上之流弊可免，則汽鍋之效果

亦因之而增矣。

察看火面之法如下。設有處火燒太快空氣輸入自由，此處即是燒薄之處。應揀較粗塊之煤填平。伙夫在加煤時必要細看有無火薄之處，火薄之處恆有光亮且熱之火箴。如有此等燒薄處必須用上法填平。倘有火面太厚之處亦須尋看，若見有生煙之火或無火處，此即太厚之處，此處少加煤一二次即燒平。如係有溶滓而火不燒透，則必將溶滓用鉤取出爐。

人工燒煤以燒煙煤末爲最難，因其易融化而結成硬殼，且不使適量之空氣易於輸入故燃煤力甚低，故每次加煤更須少也。有些伙夫加煤太多且用火棒破其硬殼再將火面耙平，如煤有不易融化之灰則此法尚可採用。最善之法係保守火厚 (Fire bed) 不過五英寸而每次加少量之煤，火宜少攪動恐多攪動易生溶滓也。且常開爐門多量之空氣侵入則伙夫之工作更忙矣。

煤粉須每次少加，須攪平，火最厚不過八吋，如煤末結箴須用火棒將其折開，不可攪動煤灰，祇將火棒通入火底在下移動使空氣流通。如灰坑中不見火光須用火棒用力搖動爐條，使空氣不爲溶滓所阻。

有時用水將煤粉澆濕，燃燒結果較佳，因煤粉不致由煙囪中飛出或由爐條縫中漏入灰坑。且燃燒時火面平整而無十分過量之空氣流入。

用人工燒白煤須加煤少而次數少且須攤平，否則火上即有燒不到之處(Dead Spots)。如火太不齊整，有燃燒處有不燃燒處時，則須將火完全清理一次。最要者即加煤之後，火須由其自行燃燒，火棒須要少用，因白煤不易燃燒，清火時須要小心，如燒小塊煤，燃煤率高者每八小時中須清火兩次，否則火不清潔而成太厚矣。

小塊之白煤有時價甚低廉，如以二成白煤，八成煙煤摻合而燒之結果甚佳。

清火(Cleaning fires)之器具照下圖尺寸者最為合式。片切棒(Slice bar)及耙(Hoe)係用以清火，齒耙(Rack)係平火面(Fuel bed)之用。

耙(Hoe)長約八呎，用一吋徑之熟鐵做成，柄之一頭有圈以便把握，圈為長圓形，闊為二吋半長六吋用四分之三之一英吋鐵條做牢在棒上，耙頭為一長方形之熟鐵片，闊五吋長九吋，釘牢在棒上。



切片棒 (Slice bar) 棒圓上有扁頭，棒爲一吋徑之熟鐵管長六呎六吋，扁頭長二呎六吋，闊二吋半，厚由半吋至四分之一英寸，一頭有圈與耙同。

齒耙 (Rack) 長八尺，一頭有圈與耙同，棒用一寸徑之鐵管做用，耙頭有兩齒，用八分之七吋鐵條做牢，齒長六吋，兩齒相距亦六吋。

因溶滓及粗灰不能由爐條縫中漏落，故有清火之必要。清火相隔之時間，須視煤中之灰份，灰之形狀及爐之構造而定。如煤中多灰且易成溶滓，則清火須勤。如燃煤率小，溶滓極少，則每八小時清火一次足矣。清火須仔細，所有溶滓及灰必須出清，否則灰或融化於爐中之邊牆上。出灰及溶滓須不使煤漏落灰坑。以下兩法最合用於人工燒火之汽鍋。

(一)分邊清火法，先將一邊之火清理，將好煤堆在那邊，溶滓之大者先用切片棒，鑿開方能移出，如溶滓已起鬆及鑿碎可用耙耙出，即用灰車裝出，則伙夫可免暴於烈火之中。一邊已清理後，則將那邊之好煤再耙過來放在已清理之一邊上，將煤攤平，再加煤數鐘，如此則彼邊清理後則有煤足以攤開於全爐面上，所加之數鐘煤甚爲緊要，因有時須清

火時適生需要蒸汽之時，此邊之灰與溶滓方可清理，在清火之時必有足數之煤燃燒於爐中，則清火完畢，立刻能有強烈之火。如清火時，火不甚強，則必將彼邊煤加足而清此邊之火。在清火時風門必須稍為閉小，有經驗之伙夫必能於十分鐘內清理(一)二百馬力之汽鍋。

(二)由爐之前部至爐之後部清火法，此法先用耙將燒燃之煤推至爐之後牆 (Bridge wall)，每次均清理爐之一半，先將爐前部之溶滓粗灰清去，再燃燒之好煤耙至爐之前部再清理爐之後部。此法不若分邊清火法為善，因伙夫有時疎忽，留落小塊溶滓在後牆邊致逐漸結成大塊溶滓比前更甚。如清火時正在需要蒸汽則此法更不適用。清封火之爐 (Banked fire)當在需要蒸汽兩小時之前。

## 五 火之厚薄

火之厚薄須隨風力而更變，有一吋水之風力(draft)火需厚六吋，如所燒之煤塊多末少則火厚(Thickness of fire)可增至八吋，火太厚則空氣被阻，不能燃燒完善，火太薄則空氣流入太多，因之以損失熱量。

火之厚薄之規定，實不能拘於成法，蓋須根據蒸汽之需要而定。如需要蒸汽多，則燃煤須速，火宜薄，而有多量之空氣以供給煤之燃燒。如須蒸汽少，則燃煤緩，火宜厚，而無過量之空氣輸入。

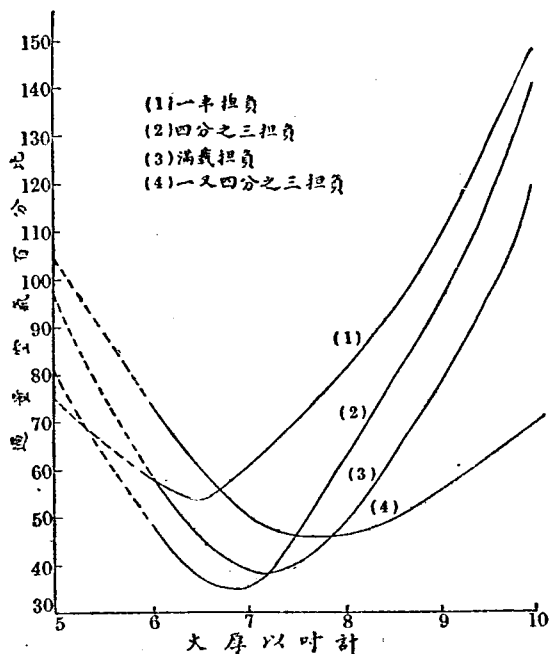
蒸汽需要之多寡，須視汽鍋之大小而定，蒸汽之需要統稱之為汽鍋之擔負(Load)。如汽鍋構作之馬力(Boiler rated horse-power)為二百匹，而每小時蒸汽之需要，其總數熱量適為二百馬力，則稱為滿載擔負(Full Load)。如每小時蒸汽需要總數合一百馬力則汽鍋祇有一半擔負(Half Load)。如超出汽鍋構作之馬力則為過量擔負(Over Load)。

註 此書之作祇在汽鍋管理上立論，故對於汽鍋本身之構作等等不需詳說也。

爐火之厚薄問題至為複雜，常使在汽鍋房中工作之人無所適從。茲就歷來考察所得以汽鍋之擔負為標準，製圖表於下，以備採擇焉。

第五圖表係顯明汽鍋之擔負與火厚之關係及過量空氣輸入數。七吋厚之火所入過量之空氣甚少。除此之外，所有之風力，亦須考慮。火太薄則煤面上易有空隙而過量之空氣

第五圖表

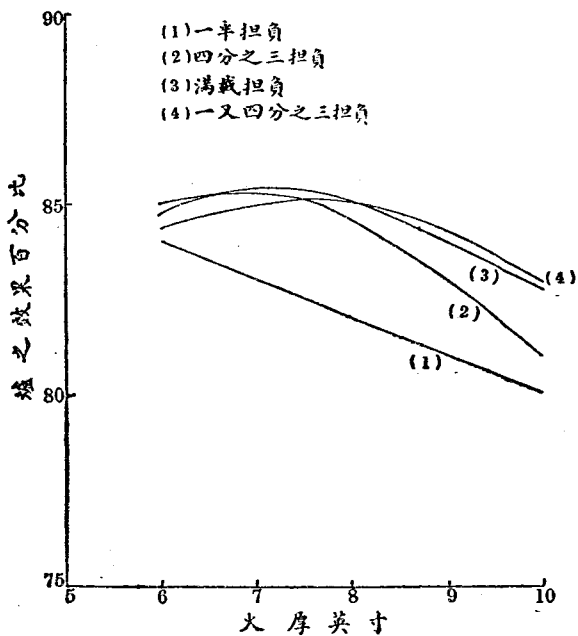


流入，如火太厚則空氣被阻而煤不易燃燒。

第六圖表根據汽鍋之擔負，而以火之厚薄與爐之效果對照製圖。用兩圖表比較，可知用人工燒煤一經將風力較準後，不論汽鍋之擔負若干，則七吋厚之火，平均之效果甚高

而最經濟也。

第六圖表



### 六 燒煤機器及其工作

燒煤機器(Mechanical Stoker)可分為三大種,(一)鏈子式(Chain grates) (二)面上添煤式(Overfeed Stoker)

(三) 火下添煤式(Underfeed Stoker)。第一種之燒煤機，煤係分平層攜帶在一連續不斷之鐵網上，該鐵網能輪迴轉動，煤係由煤斗(Hopper)中降落，煤在爐之前部燒熱着火，慢慢燃燒之煤當鐵網轉動時將之攜帶至爐之後部。此項加煤機器最宜用以燃燒低等易燒之煤。(此項煤含有百分之三十以上之揮發物及百分之十五以上之灰份)工作效果甚佳而少煙，汽鍋量率至二百分(200% Boiler rating)。但不宜用灰份少之煤，因恐過熱而將鐵網燒毀也。

面上添煤式之機器(The overfeed Stoker)。爐子上之爐條完全做牢，間隔(Alternate Section)行動，爐條由爐之前部向後傾斜或前後均傾斜之中心，行動之部將煤潑動然後將燃燒之煤移下，此時煤已燒完則灰自行落下灰坑。此項添煤機器用各種煤均能燃燒完善，而極易得到二百分之汽鍋量率。

火下添煤式之機器係以生煤由火之下層徐徐推入然後將烘熱之煤漸漸推起，俟煤推起至上層時則煤已完全着火，爐面係傾斜式，煤經推至上層燃燒成灰後，機器之行動將灰推入灰坑，此項添煤器在工作重大工廠皆用之因其能得四

### 百分汽鍋之量率。

購置加煤機器時須將以下開列各項填明送交製造該燒煤機器之廠家，方有良好之結果。

造燒煤機器廠家所需各點如左。

(一)汽鍋 是何種式樣，原定之馬力若干，管子高低，管子粗細，何種管子，長若干，一排管子若干闊，砌置汽鍋牆之呎吋，爐子裏外呎吋。

(二)煙囪 共有幾個，磚製或鋼製，離汽鍋房地上高若干尺，直徑裏外上下若干，每支煙囪供給幾個汽鍋及多少馬力，如何接至汽鍋。

(三)新汽鍋抑係舊汽鍋 能否重裝復卸，地能下掘否，灰是否由地上爬出或落至下層，如何運灰。

(四)燃料是何種煤 出礦處，純碳素若干，揮發物若干，水份若干，灰份若干，硫若干，每磅熱值多少。

(五)工作 汽鍋工作至多少量率為最經濟，最高之量率是多少，工作若干小時，每日平均汽鍋之量率若干，蒸汽壓力多少，增熱度數。

(六)燒煤機之行動 用電動機，用蒸汽機或皮帶引動。

(七)機器通風之設備 有幾個扇子用何種機器連帶行動。

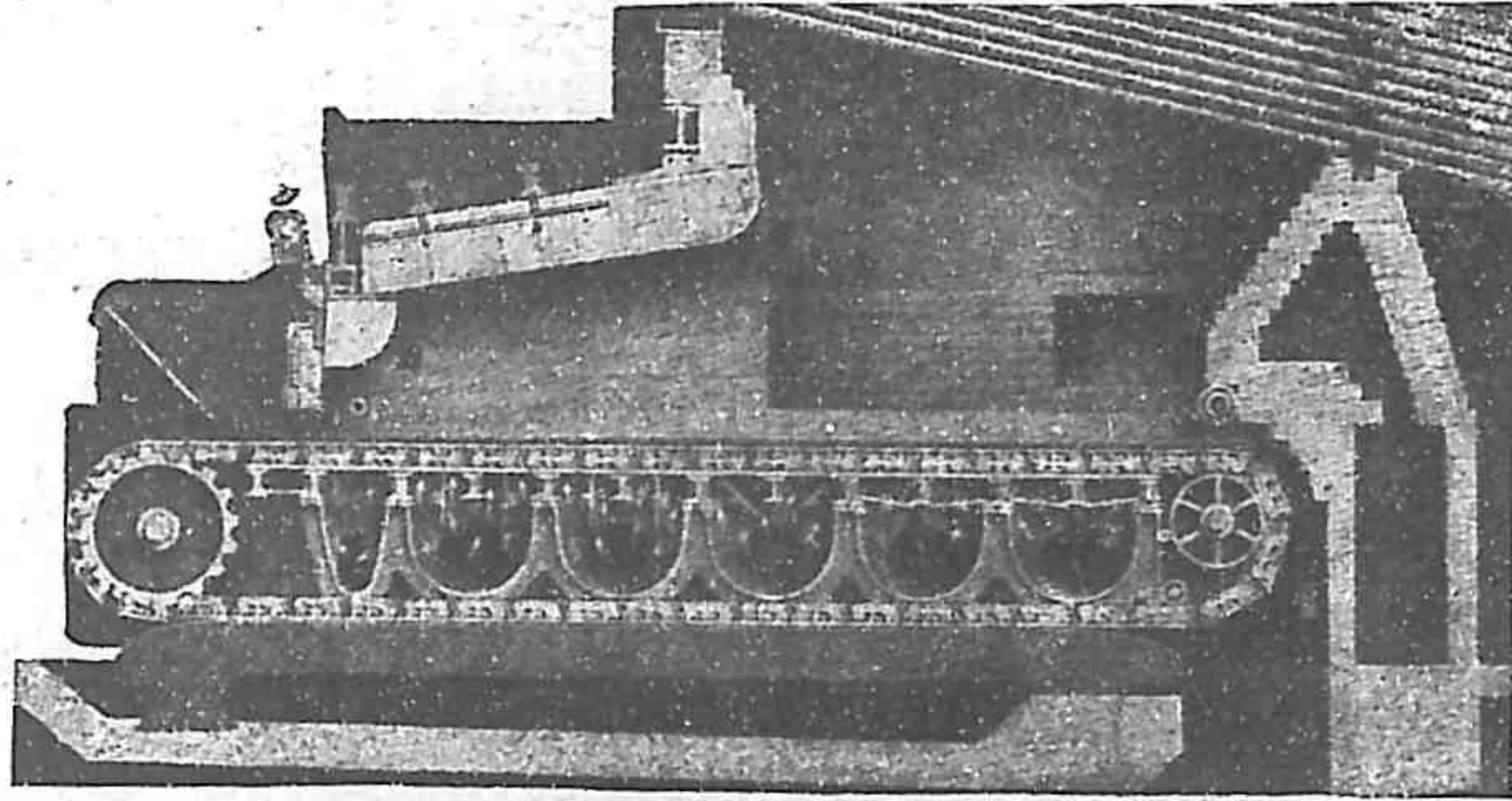
(八)需燒煤機器送交廠中之時日。

至於裝置及式樣等廠方與製造燒煤機器之廠家應有詳細之商論。

燒煤機器之種類繁多，茲將市上之最有名望者數種列舉如下以備於需要時可選擇焉。

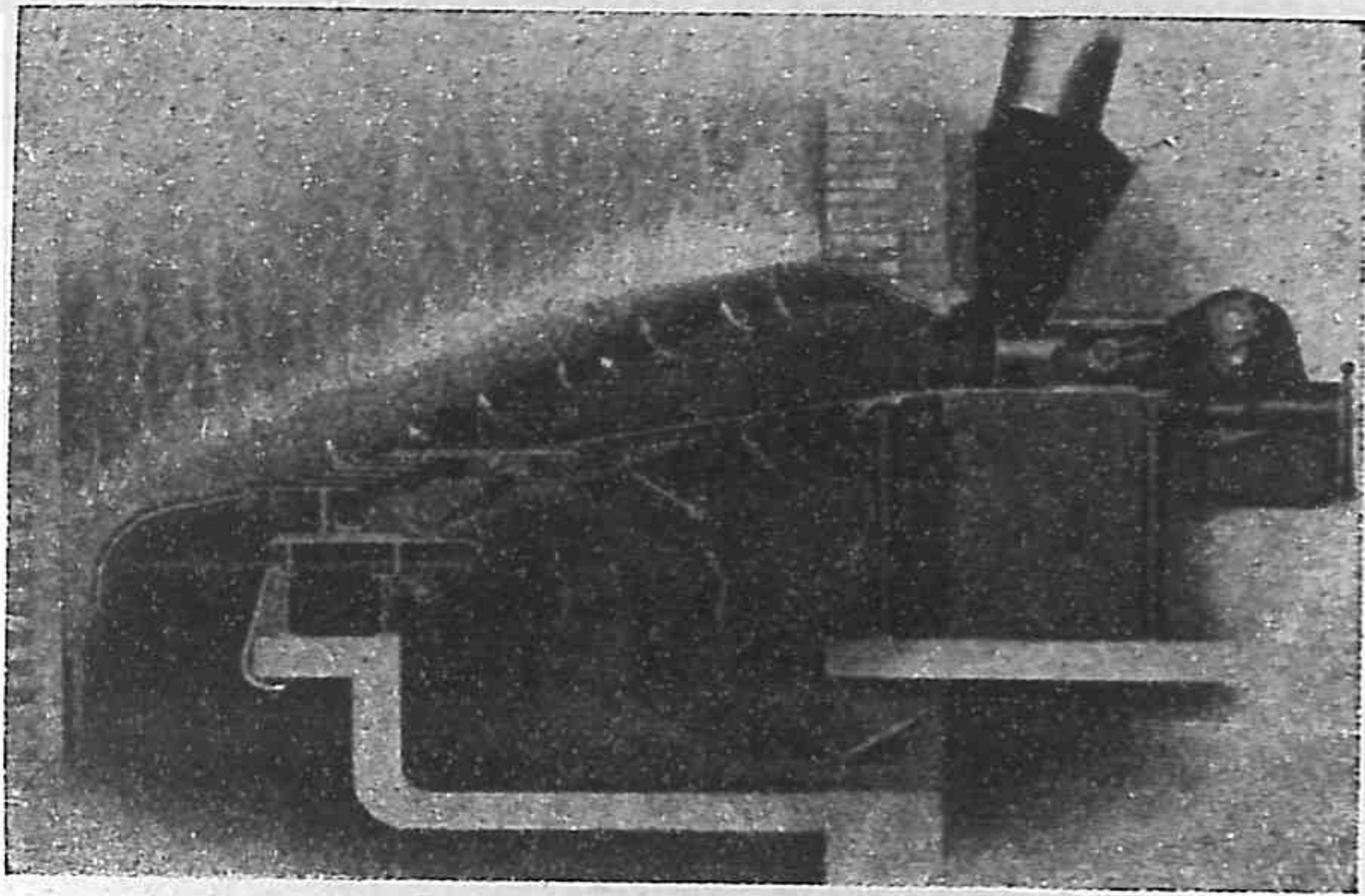
燒煤機器之名雖不勝枚舉，然不能越出所說之三大種。各工廠之製造者式樣雖稍異原理則同。

茲將三大種之燒煤機器之工作法列下以備參考。

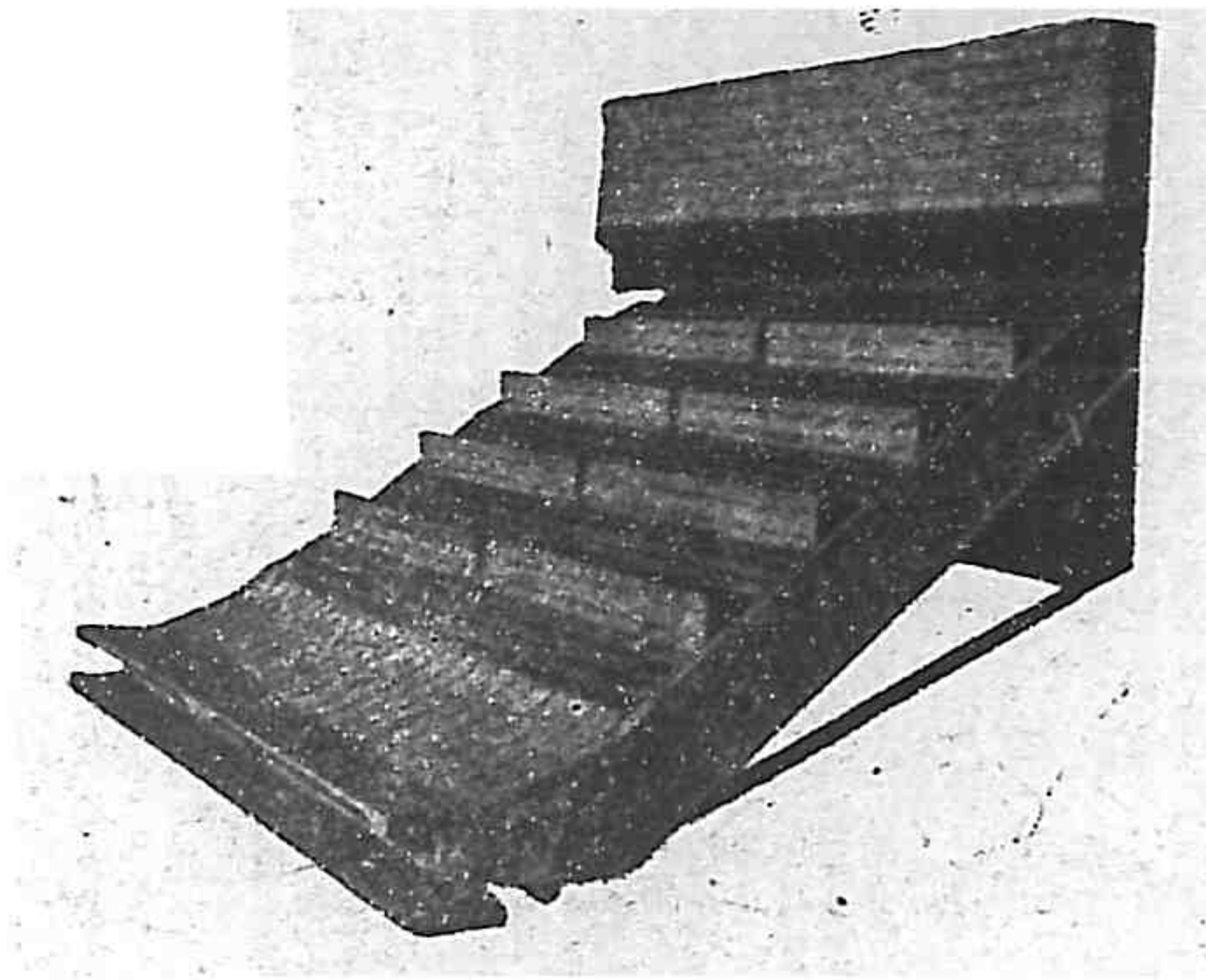


鏈子式爐燒煤機器 Chain grate stoker

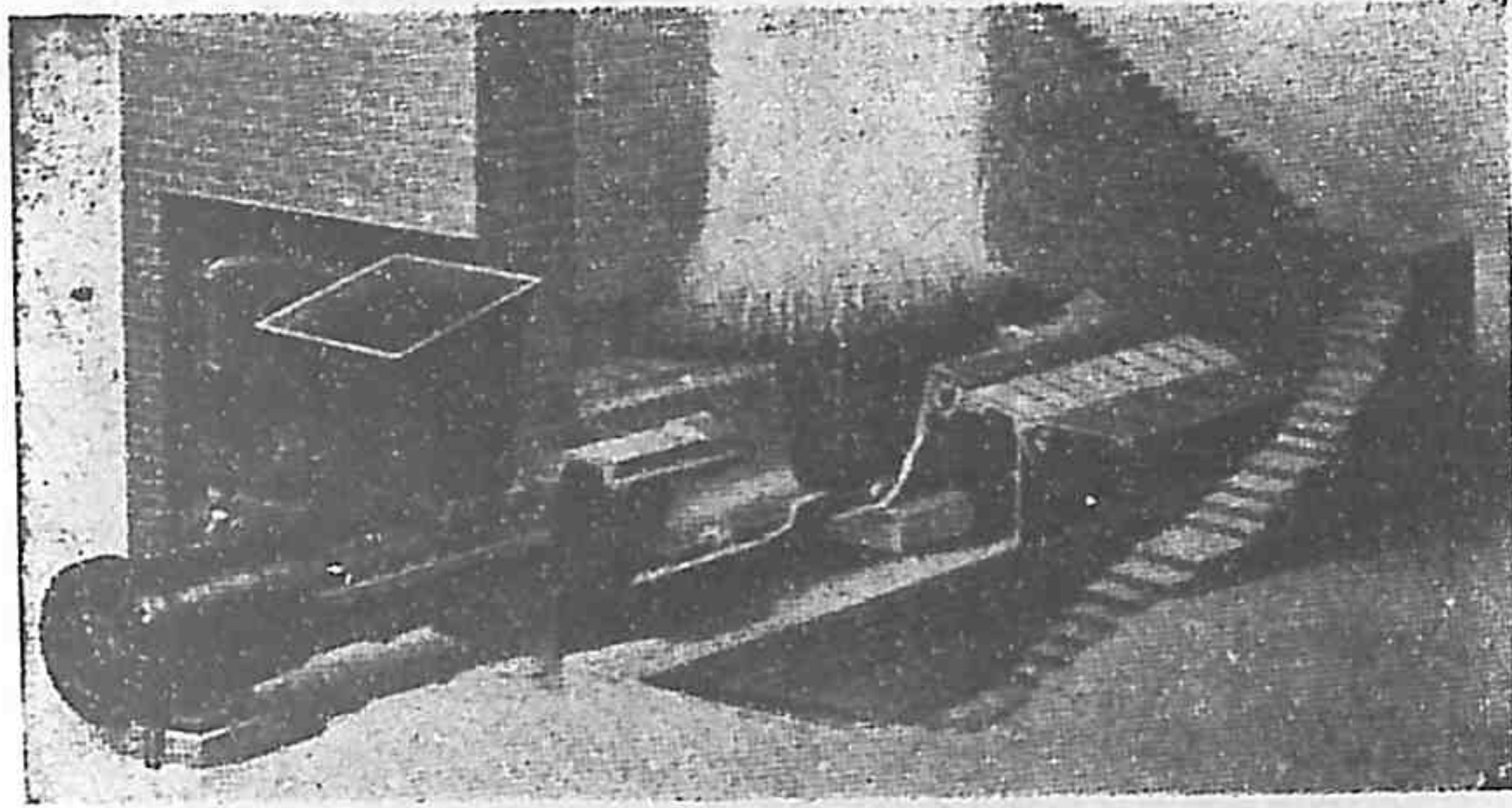




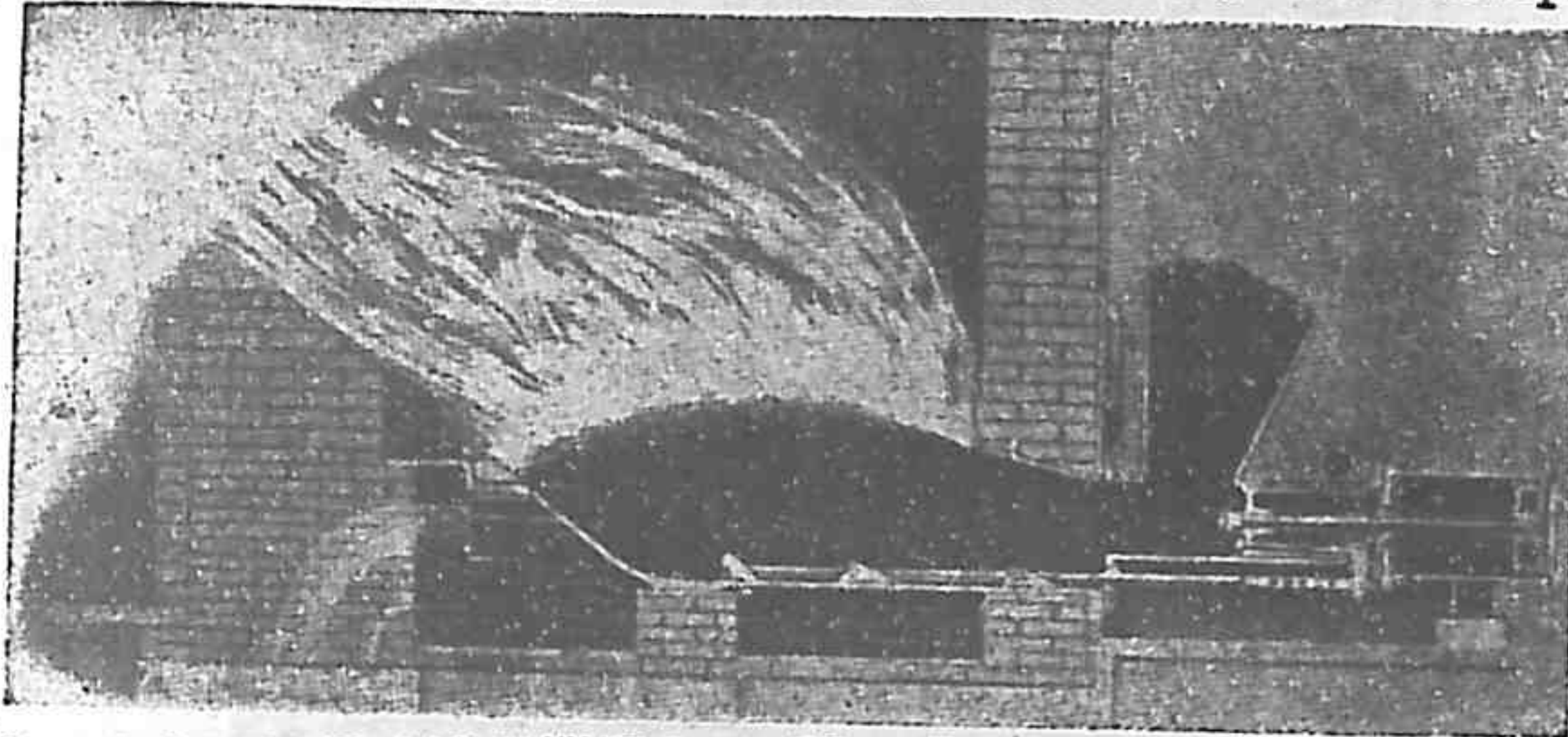
雷來氏火下添煤式之燒煤機器 The Riley under-feed stoker



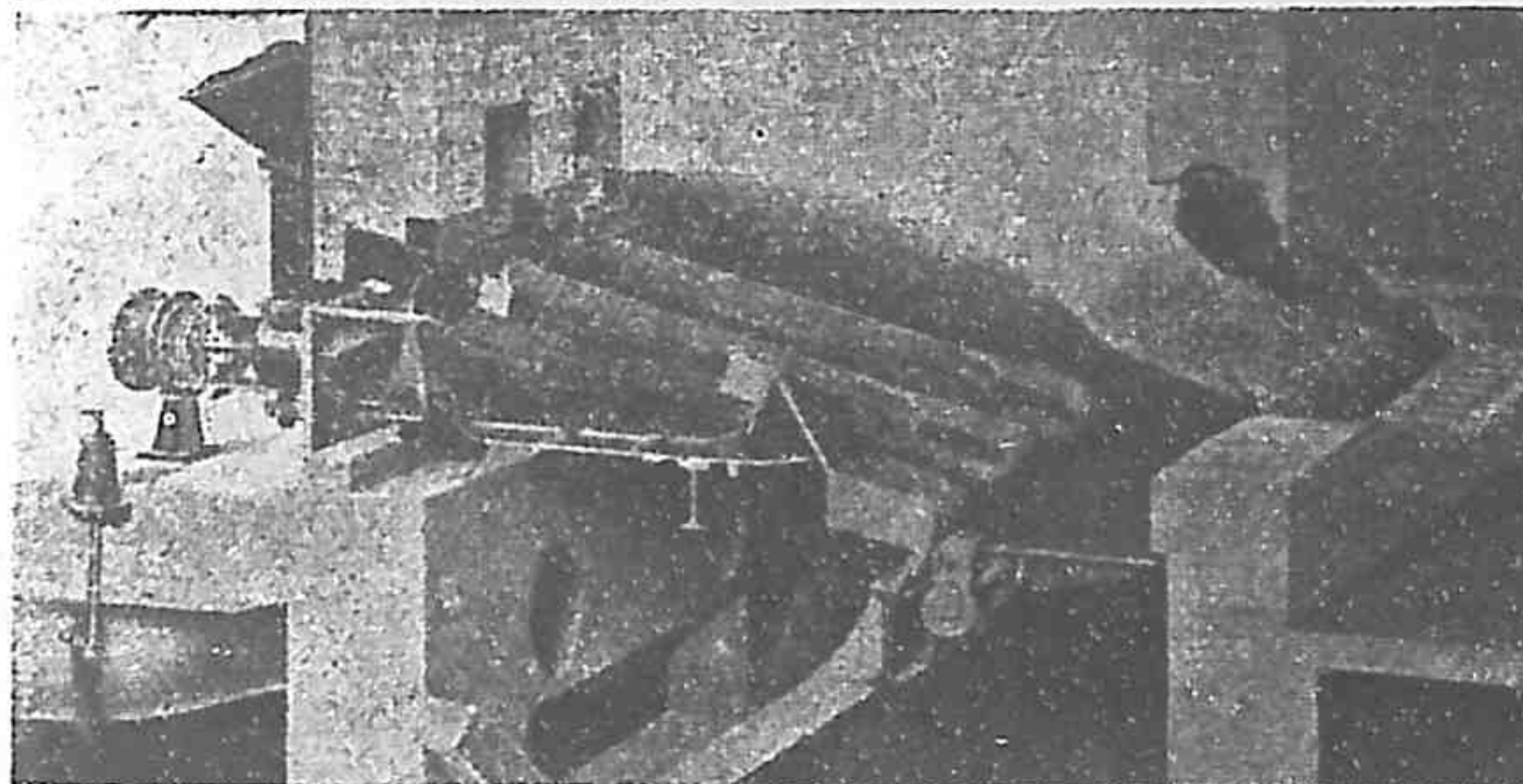
麥克來符氏火上添煤式之燒煤機器 Mc-clave over-feed stoker



瓊司氏火下添煤式燒煤機器之一 The Jones "Standard" side dump stoker



瓊司氏火下添煤式燒煤機器之二 The Jones "Standard" Stoker



瓊司氏火下添煤式燒煤機器之三 The Jones "A-C" Stoker

## (一)鏈子式燒煤機器 Chain Grate Stokers 之工作法。

各種鏈子式燒煤機器工作法相同，大概一伙夫與一煤夫可以管理十具燒煤機器。天然通風或機器通風均可用，雖理論上說明此項燒煤機器不可用機器通風(Forced draft)實際上則得有良好之結果而用機器通風。用適當之煤有百分之十五以上灰份者，則鏈子不能燒壞。每方尺之爐條面上燒煤至每小時四十八磅為止，則汽鍋之平均量率為二百六十分(Average rating 260%)。如煤中所含灰份甚少，則燃煤率須酌減至三十磅。欲得工作上最佳之結果，則通風(Draft)處必須糾正，通風門全閉及全開之地位均用記號記上，若是則空氣之流通亦隨時可以糾正。燒煤機器上之螺旋均須整理準確，則機器行動時爐面可平坦整齊，邊上之通風洞必須整理清潔使空氣流通無阻。燒煤機器最得力之工作即不使未燒盡之煤漏落灰坑。如係新裝之燒煤機器則須有三五日之仔細考察其工作，即可決定，火之厚薄與機器行動速率之對照，此項燒煤機器之門上均設置火之厚薄指示器，故火之厚薄極易察看。以作者之實驗，則鏈子式燒煤機器之工作得宜，須有厚火。機器平均行動每分鐘約三英寸有半

(3  $\frac{1}{2}$  inches)火上最低之通風(Furnace draft) 須十分之一吋水 (0.1 inch)。有時因蒸汽需要之量數加增，則燃煤率亦因之加增。然燒煤機之行動速度按照下法最爲適當。

最適當之速度則鏈子將煤攜帶至爐子中間時則煤須完全燒着，燒着之煤被鏈子攜帶至機器之盡處前則煤須完全燒盡，灰則帶落灰坑。空氣之供給較準，則視煙囪中出煙否，如煙囪中出煙，或反煙則空氣不足，須增加空氣之輸入以無煙爲止。照此辦法則火之厚薄，機器之速度及空氣之供給均可互相較準矣。

有時如欲於頃刻之間加增火力，則須將鍋爐之風門開大，並將燒煤機器速率增加。

有其他之工廠每日夜間停止工作者或減少工作者，則有數只汽鍋必須封火(Bank the fire)。封火之法如下。

將煤斗(coal hopper)中之煤出清，停止燒煤機器之行動，俟煤火燒低時，將通風門關閉，火面上加煤一薄層，每五小時將燒煤機器爐面上之鏈子走動數吋。次日挑開火時，先用火棒將火撥動，開通風門一半，將煤斗中煤裝滿俟五六分鐘後，將燒煤機器慢慢開動。俟爐面上全有燒着之煤，則可

照常工作矣。

(二)火面上添煤式之燒煤機器之工作：大概此式之機，煤皆由其傾斜面之頂上推入，慢慢燒熟，煤則由頂上隨爐條之行動而帶下，溶滓則或被軋碎或被推入灰坑均依機器之構造。生煤在傾斜面之頂上被燒至極熱然後着火，俟被爐條帶下至爐底前則煤已燒盡。用此式之燒煤機器亦有天然通風及機器通風兩種。多量之空氣則由爐子之下部輸入，塊煤與煤粉均可燃燒。火之厚薄，燒煤機器之速度與通風之糾正與鏈子式燒煤機器略同。此種燒煤機器亦有用人工動作者，其所最要者，不外乎火面須平坦無厚薄不齊之處，機器須有行動適當之速度及適量空氣之供給。

(三)火下添煤式燒煤機器：現代工廠均採用之，因其易於工作而得力也。此項燒煤機器，生煤係由火下徐徐推入，大概均用機器通風。瓊司氏之燒煤機器，生煤係用活塞推入管中(Retort)。燒煤機器之行動及機器風扇(Draft fan)之行動均用蒸汽，有管理蒸汽之活門即(Control valve)以糾正其行動。則適量之空氣是能供給於適當之燃煤率。煤之供給須連續不斷，使管上恆有十四英寸至二十四英寸之煤，如

欲加增或減低火力則用管理活門糾正之，切勿用鏟鏟入生煤。此項燒煤機器帶有推棒，隨機器之行動在煤下推動。空氣輸入自然流通。如汽鍋夜間不用須封爐火時，先加煤足，然後將通風之門關閉，將加煤機器停止。如封火時間較長有時管中或有溶滓，則必須用鉤取出後，再開風門，然後俟火頭燒起，再行動燒煤機器。有時火上通風 (Draft over fire) 不足則倒煙，或煤太厚，或有溶滓滯於管前，或煤塊太大均能使煙由爐中外逸之事。

總之不論人工燒煤機器燒煤，糾正空氣之輸入為最複雜一事。何謂糾正之空氣輸入，空氣輸入之多寡，則用通風門，並用通風指示器 (Draft gauge)。空氣之多寬適量與否，須查驗火中二氧化碳在氣體中之成份 (詳論於後)。

### 七 廢料與低等煤之燃燒

燃燒煤渣或煤屑以發生蒸汽為不易之事。如能有奏效之燃法，則結果實最經濟。美國代理惠阿鐵道上 (Delaware, Lackawanna & Western Railroad) 之生力廠 (Power Stations) 採用白煤渣 (Anthracite culm) 顆粒僅三十二分之

三英寸 ( $\frac{3}{8}$  inch) 用壳克司氏特製之鏈子式燒煤機器 (Coxe chain grate) 燃燒。爐條上之空隙爲  $\frac{1}{8}$  吋  $\times$   $\frac{3}{8}$  吋佔全部爐面百分之六。火厚四英寸，通風表指示一英寸半至二英寸之通風力。

有時以百分之三十白煤渣與百分之七十易於結餅之煙煤摻合而燒之，則燃燒易，且不結餅，蒸發蒸汽與上等煤相同。

燃燒煤球，煤球須用四分之三白煤渣與四分之一煙煤粉摻合（不加其他黏合物）做成二英寸半之圓球；最好用槓子，再用壓力做成。此項煤球運輸既便，價亦低廉，用以燃燒汽鍋效果亦佳。

燃燒焦煤 (Coke)，燃燒焦煤之爐須寬大，風力亦較燒煤者大。如與煙煤摻合而燃燒則結果亦佳。我國焦煤之價並不低廉且不易購多量之數，故不細贅也。

## 八 爐中之氣體

爐中之氣體 (Furnace gases) 分別如下。當煙煤加入爐時攤開在火上，煤被燒熱極速，煤中之揮發物即被蒸發。此

時火中之溫度略降，被蒸發出之揮發物氣體流行至燃燒處完全燒盡，火中之溫度復上升。

煤燒熱至華氏溫度計 475 度，即發生氣體及液體，其量率隨溫度加增至華氏溫度計 1000 度，直至揮發物完全蒸發出後，煤中方能達到最高之溫度。氣體中所含為甲烷(Methane) 及二氧化碳( $CO_2$ ) 並水份。甲烷最易燒成二氧化碳及水蒸汽。質重之一部不易燃燒者則成炭。當生煤入爐後，發出之氫及甲烷氣體成份不多，逐漸增加，燒着最多之碳化氫約在加煤後二分鐘，至三分鐘後該項氣體均燒盡。在此三分鐘內，一氧化碳  $CO$  之成份甚多，二氧化碳之成份則低。一氧化碳成份高者，因蒸發出之揮發物與二氧化碳混合之故，因下層之火中碳素與空氣中之氧合而成二氧化碳。待該氣體行至煤之上層與碳素再合一氧化碳矣。一氧化碳成份之多寡須視爐中碳素之溫度及二氧化碳與其接觸時間之久暫。

水蒸汽經過着火之碳素在華氏溫度計 1112 度時則成二氧化碳與氫，在華氏溫度計 1832 度時則成一氧化碳與氫。在汽鍋爐中之溫度常高，故氣體方離火時則必一氧化碳



成份高而二氧化碳之成份低雖火之厚薄祇有數寸。煤火薄者則火之下層發生多量之二氧化碳，及行至上層時則與炭質接觸而成多量之一氧化碳。是以火上須由爐門或由煙囪引進適量之空氣是謂火上通風(Draft over fire)以助完善之燃燒而成二氧化碳也。

固體之燃料一經入爐因熱而蒸發成氣體，故在火上必須有空氣引入與其混合而得完善之熱燒，因此爐中之火膛(Combustion chamber)須寬大也。

茲將爐之面積與火膛大小之比例(Ratio of grate area to combustion chamber)對於數種汽鍋者列下以備參考。

Babcock and Wilcox 水管汽鍋 1:3.64

Locomotive boiler 火車汽鍋 1:5.14

以上表即一平方呎爐面須有若干立方呎之火膛也。

## 九 溶 滓

查驗灰之融化溫度以判決煤中有發生溶滓之可能與否已詳前章，茲將發生溶滓之故續論於下。溶滓為患常因火太厚及撥火太勤，或灰坑有燃燒之煤及煤中細屑太多，或灰坑

之門關閉及將燒熱之空氣引入於爐下。

若將煤灰燒熱至融化溫度，則不論何種煤均能發生溶滓，以上各種發生之故以火厚為最，厚火能將空氣之供給割小而使灰之熱度加增。當空氣由火下引入時吸收一部分爐條上之熱度而使灰不過熱，爐火太厚則灰與燃燒之煤混合，灰易融化而成溶滓，爐火薄者灰不與燃燒之煤混合，即無融化之弊。

第二成溶滓之極大原因係撥動爐火太勤，如燒多量易結餅之煤，煤自融化，再用火棒觸破外壳，將煤攪動則灰與燃燒之煤混合，即發生溶滓矣。如用耙平火時不慎，亦可發生溶滓。

燃燒多量之煤粉常能融結而割小空氣之輸入，其結果正與爐火太厚者相同，緣爐條被熱太甚也。關閉灰坑之門及引入燒熱之空氣與以上之結果相同。如煤中常時發生溶滓，則須不時清理，多數之熱值因之丟失，灰份多則汽鍋之效率減低，灰多則煤之燃燒率 (Rate of combustion) 自然降落，則汽鍋之量 (Capacity of the boiler) 亦隨之而減矣。

如採用以下各法則可免除溶滓之發生。煤火須薄，燒薄

之處隨即用煤慎平，不可用耙耙平，火棒少用，煤須用少量而常加。如煤中含有多量煤粉，則加煤之量數須更少，次數須更多。灰坑中不可留存燃燒之煤，灰坑門須大開，用風門 (Damper) 以糾正空氣之輸入。

### 十 通風 (Draft)

通風 (Draft) 之義，即氣體流動之意，有時即顯明壓力之降落。如將灰坑門暢開，將爐門關閉，將一通風指示計 (Draft gauge) 由爐牆上接入在火床之上 (above the fuel bed) 則指示計中之顏色水即停止於一定地位。若將灰坑門關閉，則指示計即指示通風加增，但爐中之氣體行動則低減，因火下之空氣供給被停止也。若將爐門暢開，則空氣沖進爐中甚快，則指示計又減縮也。

如用天然通風 (Natural draft)；則在煙囪下之壓力低減，此因在煙囪中之熱氣較煙囪外之空氣輕，故壓力相差，氣體愈熱，煙囪愈高，則壓力相差愈大也。

應起的通風 (Induced draft) 之產生係用一排氣扇 (Exhaust fan) 裝置在汽鍋與煙囪之間，空氣因空氣本身之

壓力由灰坑中進入火中，爐中之氣體行至排氣扇進口處，氣體之壓力低落。如用強迫的通風 (Forced draft) 則灰坑中之壓力更高矣。

平衡的通風 (Balanced draft) 即增加灰坑中之壓力使其足以勝過火之阻力，則空氣能被推入火中。風門開閉之大小，尚須糾正至排氣扇適能將爐中之氣體排出煙囪，火膛中須常保守與空氣同等之壓力則無漏氣之虞。如火上 (Fuel bed) 阻止氣體流入之阻力為常數 (Constant)，則各部壓力降落與總數壓力降落之比例亦不變，總數壓力之降落，即空氣在灰坑中 (Ash-pit) 之壓力至氣體排出煙囪時之壓力。

汽鍋爐中通風問題祇根據火上阻力之更變而定，如總數壓力之降落為常數，則爐中氣體之量數與火上之阻力適成反比例，蓋火上之阻力加增則輸入汽鍋之熱量即少也。

火太厚則阻力增高，有時亦因爐條上有溶滓或他物塞住致空氣不能流入，或爐牆上有漏處，或通風門開閉不靈，或煙囪太小，容逐步說明如下。

汽鍋通風之需要，當依據汽鍋之種類，隔板之形式，及汽鍋之擔負而定，壓力之降落為 0.25 inch of water 若汽

鍋之擔負爲一百分(at rating),空氣壓力之降爲 0.40 inch of water, 若汽鍋之擔負爲一百五十分(150% rating), 空氣壓力之降落爲 0.70 inch of water, 若汽鍋之擔負爲二百分 (200% rating)。

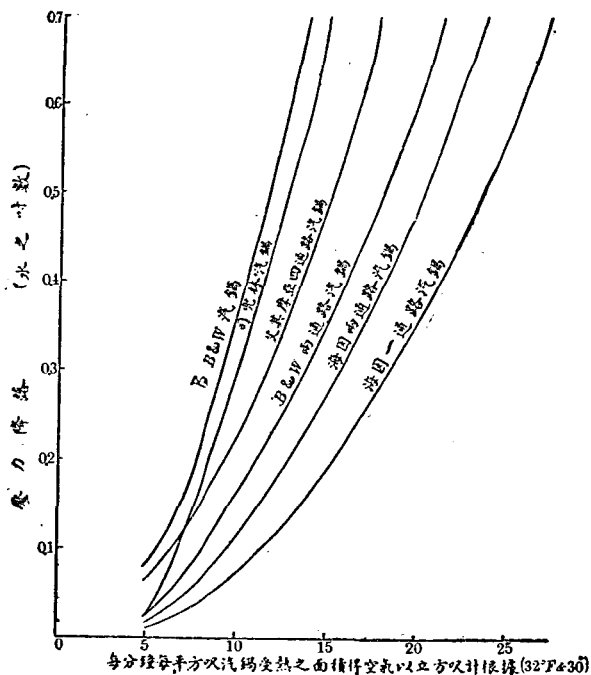
大概汽鍋之擔負爲一百分, 空氣之降落及空氣輸入之量數, 可用以下之圖表參考。

第七圖表係表明數種現代各工廠採用之汽鍋, 在擔負一百分時 (Run at rating) 壓力降落與空氣輸入之量數對照, 以每平方呎汽鍋受熱之面積爲單位, 壓力降落係用通風指示計 (Draft gauge) 裝置於 (uptake) 氣體由爐中入煙囪前經過之通氣管上, 空氣之體積以華氏三十二度  $32^{\circ}F$  壓力  $\left(14.7 \frac{\text{lb.}}{\text{in}^2}\right)$  爲單位, 平時溫度有差壓力更變可用  $VP = 53.4 T$  公式推算之, 已詳第二章空氣之需要節。

第八圖表以通風指示計之指示與汽鍋之量率對照, 以上係考察 (B & W 及艾其摩亞水管汽鍋) 大小水管汽鍋所得之平均數, 頗有益於實用也。通風指示計亦裝置於 (uptake), 煙囪前之通氣管上。

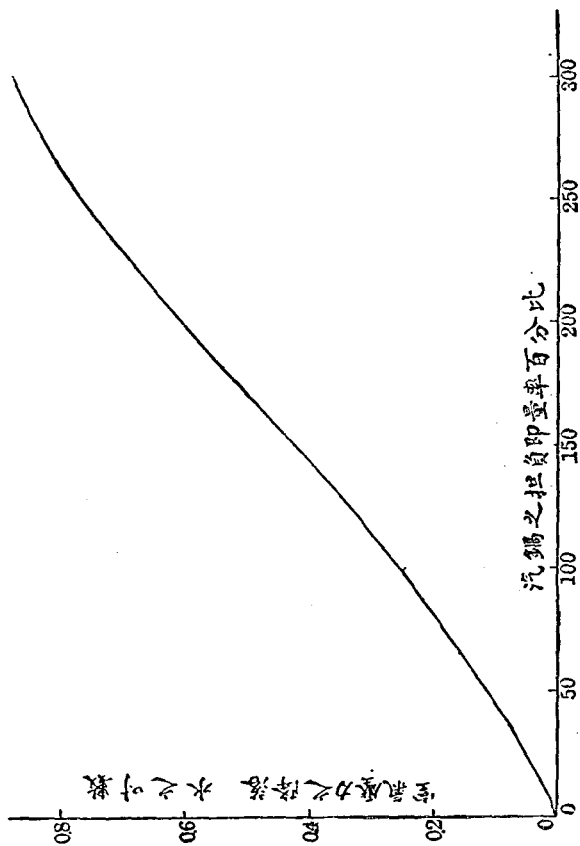
火床需要之通風 (Draft required by the fuel bed)

第七圖表



較爲複雜，因須考慮各點(一)火之厚薄(二)燒火法(人工或機器)(三)燃燒率(即每小時每平方呎爐面上燒煤若干磅)，尚有煤中所含之灰份及爐條上通風隙處均與通風有關，非經實地考察之後頗難斷言。

第八圖表



茲將列年考察所得之平均數列圖表於下以備參考。以下之表係人工燒火，用各種煤試驗所得為最適當之由火下通入爐中之風，通風指示計裝置於灰坑與爐火之間 (between furnace and ash-pit)。

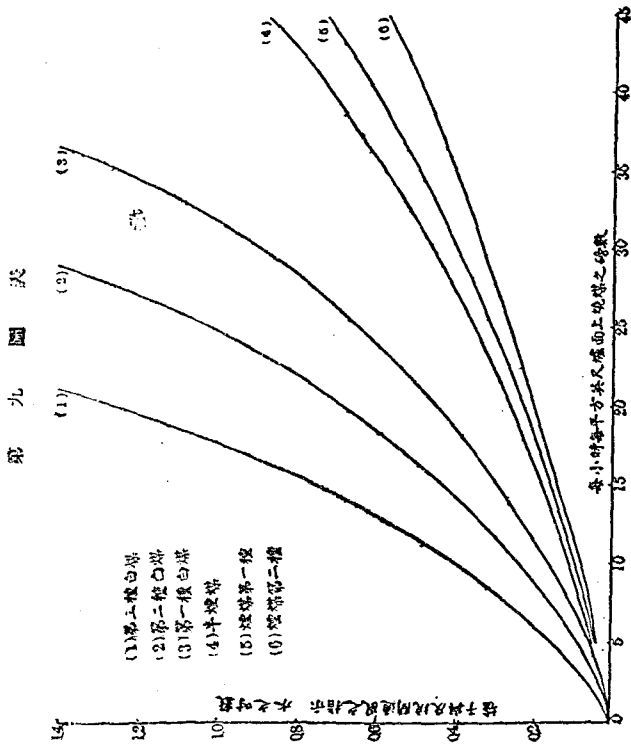
第九圖表，人工燒火，半煙煤 (Semi-Bituminous) 第一種，平均水份 3.50% 平均揮發物 15.50% 平均純碳素 76.80% 平均灰份 4.20% 平均每磅熱值 14,630 *B. T. U.* 平均火厚十英寸。

煙煤 (Bituminous) 第一種平均水份 6.29% 平均揮發物 31.97% 平均純碳素 54.13% 平均灰份 7.61% 平均每磅熱值 12,874 *B. T. U.* 煙煤第二種，平均水份 11.82% 平均揮發物 27.66% 平均純碳素 55.10% 平均灰份 5.42% 平均每磅熱值 11,961 *B. T. U.* 以上火厚六英寸。

白煤第一種  $\frac{7}{8}$  英寸塊，第二種  $\frac{5}{8}$  英寸塊，第三種  $\frac{1}{2}$  英寸塊，平均水份 2.07% 平均揮發物 9.81% 純碳素 78.82% 灰 9.30% 熱值 13,702 *B. T. U.* 火厚四至六英寸。

第十圖表係用三種不同之燒煤機器 (Mechanical Stokers) 燒火，汽鍋係六百馬力水管式 (600 H.P. Water tube

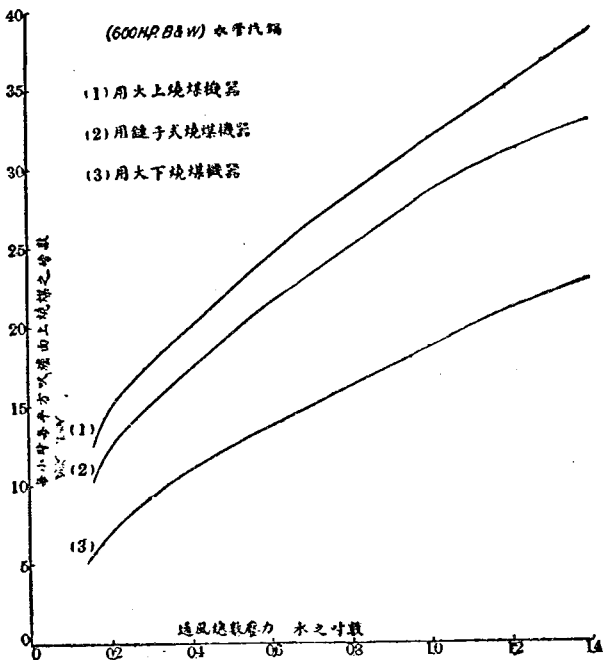




Boiler B. & W.), 燃燒半粉半塊煙煤, 平均每磅熱值 13,700  
 B. T. U. 以總數通風 (Total Draft = Ash-pit pressure +

Uptake Draft) 與燃燒率對照以備參考。以此二圖表作根據，則燃煤若干皆得適當空氣之供給而得完善燃燒矣。爐中之煤得完善燃燒(Complete Combustion)須考察氣體所含之二氧化碳成份是否在 15% 以上(詳說於後)。

第十圖表



燃煤率（即每小時每平方呎之爐面上所燒煤之磅數）須根據以下各點推算，（一）所需汽鍋之馬力，（二）爐面共若干平方呎，（三）每磅煤之熱值，（四）汽鍋連爐及爐面之效率，用以下公式計算。

$$R = \frac{(H. P.) \times 33480}{U \times E \times G}$$

$R$  代表燃煤率                       $H.P.$  汽鍋發出之馬力

$U$  代表每磅煤之熱值     $E$  代表汽鍋連爐及爐面之效率

$G$  代表爐面之面積。

以上之公式最合實用。

例如：所需汽鍋馬力為 300HP 爐面 60 平方呎，煤之每磅熱值為 12,000  $B. T. U.$  汽鍋構作定之馬力亦係 300HP，則汽鍋之量率為 100%（查第五十五圖表則汽鍋連爐等之效率應得 75%）。

$$\text{燃煤率 } R = \frac{300 \times 33480}{12000 \times .75 \times 60} = 18.6 \text{ 磅}$$

（每小時每平方呎爐面應燃煤之量數）

### 十一 通氣管之比例 (Flue proportions)

通氣管之設計須依據其所處理氣體之容量而定，通氣

路之面積（即口道大小）areas of gas passages 須據以下各要點再由第十一圖表及第十二圖表查明，較之理想上之計算簡易而準確也。

各要點列下：

（一）所需發生汽鍋之馬力(Boiler Horse-power developed)。

（二）每小時每馬力用煤磅數(Pounds of coal per boiler H. P. per hour)。

（三）每磅煤實需空氣之供給與理論的空氣之供給相比 (Air actually used per lb. coal % of air theoretically required)。

（四）氣體到通氣管口之溫度及速率。

（五）煤之熱值。

茲舉例如下以解釋查第十一圖表及第十二圖表之法。

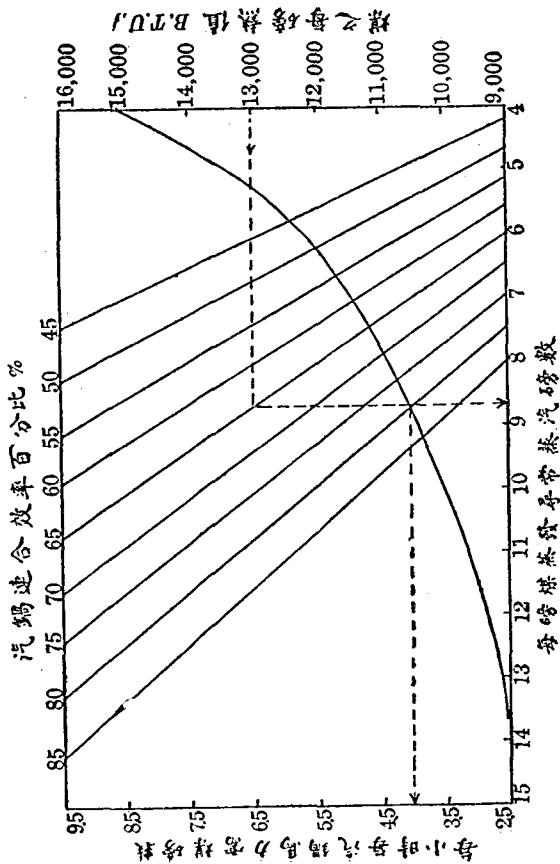
例如：所需馬力為 1500 Boiler Horse-power.

煤之每磅熱值 13,000 B. T. U.

空氣之供給實用量與理論量比 175%

氣體之溫度 1,000°F

第十一圖表

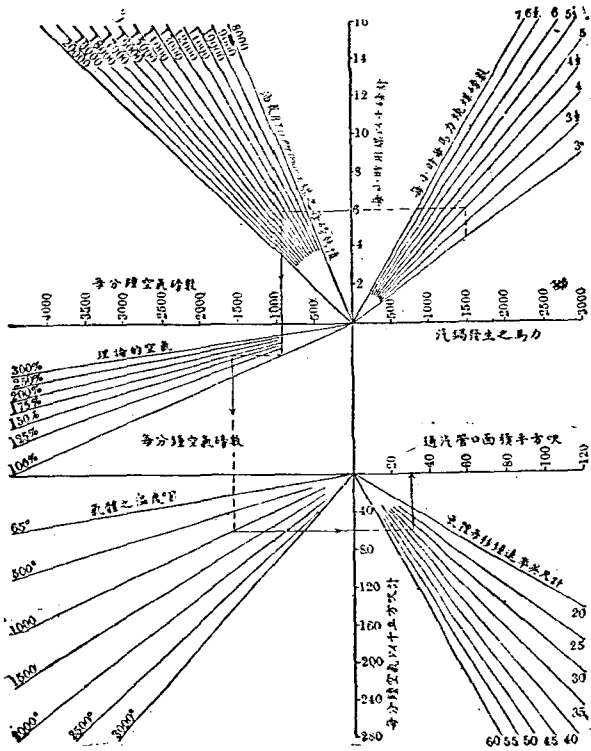


氣體之速率每秒鐘

35 feet

汽鍋連爐等之效率以 65% 計算。

第十二圖表



查第十一圖表由煤之熱值 13,000 *B. T. U.* 橫線延至汽鍋連合效率 65% 斜線，由此直下至曲線再橫行則得每小時每馬力須燒煤四磅，直行而下之線則得每磅煤可蒸發 870 磅水，再查第十二圖表由 1500 馬力線直上至用煤四磅之斜線上再由此橫行至煤之熱值 13,000 之斜線上再由此朝下直行至空氣實用比例 100% 斜線上再橫行至 175% 斜線上由此朝下直行至氣體溫度  $1,000^{\circ} F$  斜線上，再由此橫退至氣體速度 35 *ft.* 之斜線上，再由此朝上直行至通氣管口面積橫線上，則得三十平方英尺。

有時因安全計通氣管口面積每 1,000 馬力汽鍋用 35 平方英尺以備汽鍋有時須加增擔負之用也。

由汽鍋通到煙囪之通氣道 (Breechings) 須短而直，角度通至煙囪無轉灣處，如必須灣曲則灣頭須在  $120^{\circ}$  以上者方可，通煙道均不可向下傾斜，必須向上升直通煙囪，與煙囪連接處約用  $46^{\circ}$  角度。此項通氣道用鋼板製者最佳，邊有小門用以清理累積之灰。

如係水管汽鍋 (Water tube boiler)，通氣道口之面積不得小於汽鍋爐子面積之百分之二十二(22%)。如係火管汽

鍋(Fire tube boiler),則通氣道口之面積須大於總數火管之面積四分之一(25%)。通氣道用圓者或方者爲上,如用長方者則闊處不能大於高處的三分之一,或高處不能較闊處大三分之一,此其定例也。

## 十二 煙囪之比例(Stack proportion)

煙囪之高低及圓徑須依據汽鍋之總數馬力,燃煤率,爐中氣體之溫度而推算。計算煙囪口之面積與推算通氣管口之面積無異,(已詳前章)惟煙囪之高低實與通風壓力之強弱有關,故須略加詳說於此也。根據理論之複雜計算既繁又不適於實用也。

實用上係採用以下之數而可得最經濟之結果,推算既簡易又較準確。

- (一)每汽鍋馬力每小時燃燒煤五磅(尋常煙煤),
  - (二)每汽鍋馬力每小時燃燒煤七磅(低級煤),
  - (三)實需空氣供給與理論空氣供給比例 1.75 至 2.00
- 用以上三數中,擇出相當之數,並規定每磅煤之熱值。  
(我國所有尋常之煙煤每磅熱值 13,200 B. T. U. 低級煙



煤每磅熱值約 10,500 *B. T. U.*)

查第十三圖表舉第一例，燃煤每小時每馬力五磅，空氣供給比例 1.75，熱值每磅 13,200 *B. T. U.* 則每磅煤發生氣體 224 立方尺（依據華氏溫度計 32 度及 14.7 磅每平方吋空氣之壓力）。

按實地工作，爐中之氣體，在走入煙囪時，溫度恆在華氏溫度計 400 度之間，氣體之體積係隨溫度上漲，可用以下之公式求其在 400°*F* 溫度時之體積。

$$\frac{PV}{^{\circ}F+459.6} = \frac{P_1V_1}{^{\circ}F_1+459.6} \quad \text{以 } P=P_1 \text{ 壓力。}$$

$$V = 224 \text{ 立方呎 (查出者)}$$

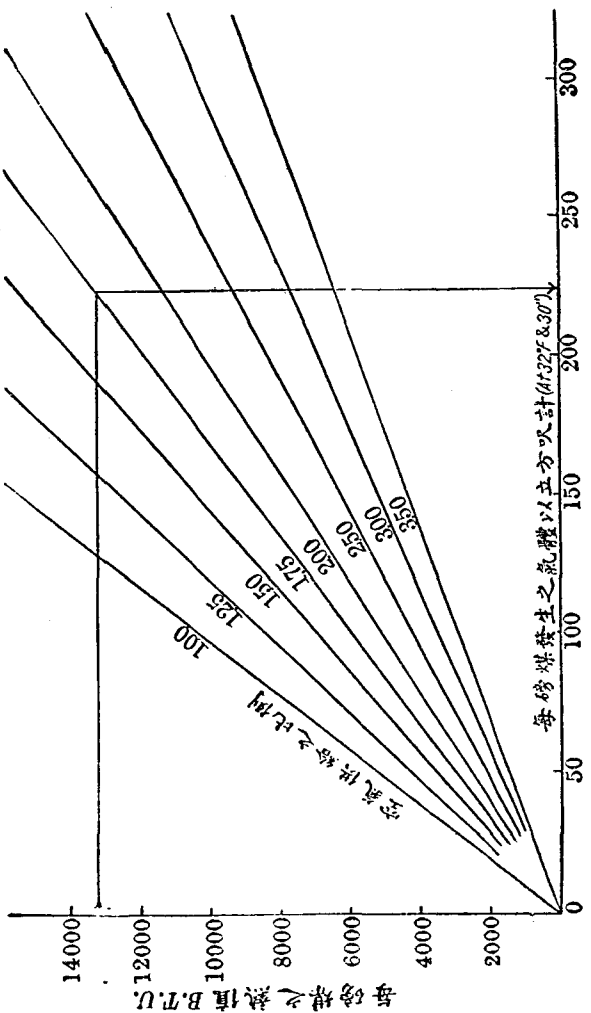
$$^{\circ}F = 32^{\circ}, \quad ^{\circ}F_1 = 400^{\circ}$$

$$V = \frac{859.6 \times 224}{491.6} = \text{約 } 392 \text{ 立方呎。}$$

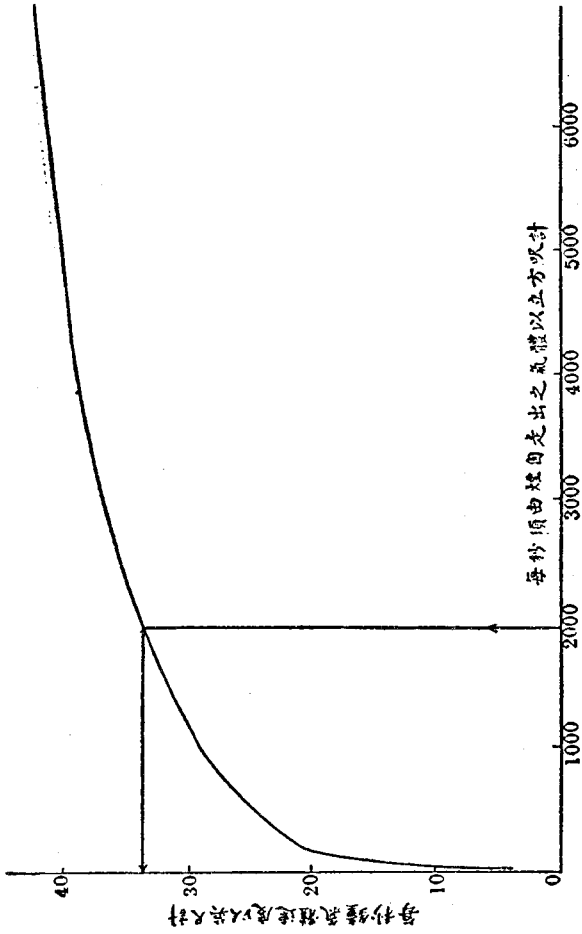
設汽鍋之總數馬力為 3600。則每秒鐘須燒煤適為五磅，每秒鐘須走出煙囪之氣體為  $5 \times 392 = 1,960$  立方呎。查第十四圖表，則氣體最經濟之速率為每秒鐘 33.5 尺。

煙囪口之面積則等於氣體之體積以氣體之速率分之即得。

第十三圖 變



第十四圖表



煙囪口之面積則爲

$$1960 \div 33.5 = 58.51 \text{ 平方尺}$$

圓口之直徑則等於

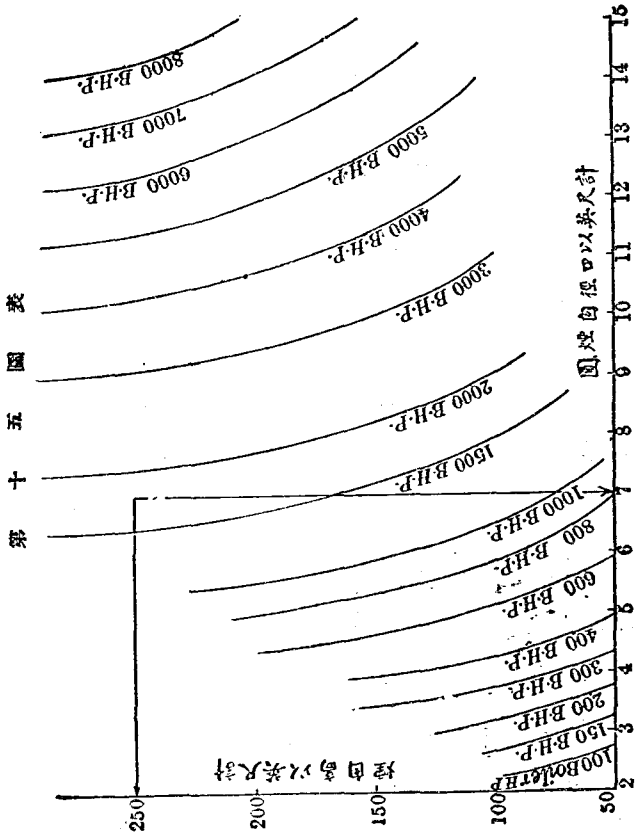
$$D = \sqrt{58.51 \div 0.7854} \text{ 則等於 } 8.64 \text{ 呎}$$

是則圓口之直徑須用九英尺以其較大爲佳。因8.64呎不易構作也。

由第十三圖表及第十四圖表內求得煙囪之徑口後，則於第十五圖表上查煙囪須高若干尺，以徑口之尺寸及汽鍋之馬力之標準以求其高。有時因按徑口則煙囪太高，（煙囪高至二百五十英尺爲限與工廠最爲合宜）則須用兩個或數個分司其職也。

查 9 英尺 徑口之煙囪管理 3600 馬力之汽鍋在第十五圖表上須超過二百五十英尺高。然則須用兩個煙囪分司氣體之出路，每個煙囪管理一千八百馬力汽鍋一切計算及查表仍照前惟 1960 立方呎氣體，則由兩個煙囪分任方爲合式。

則每個煙囪須管理  $(1960 \div 2) 980$  立方呎氣體之出路再查第十四圖表則得最經濟之速度爲每秒鐘 29 英尺，則煙囪徑口之面積爲  $980 \div 29 = 33.8$  平方呎



圓口之直徑則爲

$$D = \sqrt{33.8 \div .7854} = 6.56 \text{ 呎, 應採用七英尺}$$

管理汽鍋馬力 1800. 查第十五圖表在圓徑七英尺線上一直朝上至曲線汽鍋馬力 1800, 煙囪高 250 英尺。

答案爲用煙囪兩個, 每個徑口七英尺高 250 英尺。

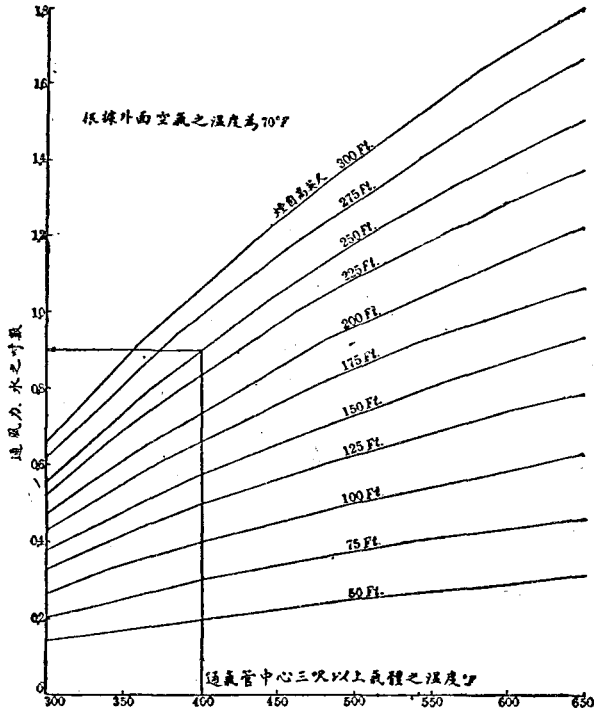
計算煙囪之通風須依據爐中氣體, 在通氣管中之溫度, 煙囪之高低及空氣溫度, 因此項計算既極複雜又乏定例, 故不若實地考察之結果, 彙集以規定之氣候溫度 (即空氣溫度) 核算後製成圖表, 較之用複雜之公式計算既極簡便又易明瞭 (故此書均注重極準確之圖表以推算各種問題, 汽鍋房之缺點何在, 不難逐步搜尋也)。

第十六圖表, 用通氣管中氣體之溫度及煙囪之高低, 並可得之通風 (Available chimney draft) 製成, 外面空氣之溫度以華氏溫度計 70 度 ( $70^{\circ}F$ ) 計。

空氣之溫度高低相差, 華氏溫度計 10 度 ( $10^{\circ}F$ ) 則通風 (Draft) 相差爲百分之三 (3%)。

照以上算出之數, 氣體溫度爲華氏溫度計 400 度煙囪高二百五十英尺, 可得煙囪通風力十分之九英寸, (Availa-

第十六圖表



ble Chimney Draft 0.9 Inch of water)。查第十六圖表  
即得。圖表係根據空氣溫度華氏溫度計 70 度而製成；如空

氣溫度較低，則每華氏溫度計 10 度 ( $10^{\circ}F$ ) 相差則增加通風力百分之三(3%)，如空氣溫度較高，則每華氏溫度計 10 度( $10^{\circ}F$ ) 相差則遞減通風力百分之三(3%)。煙囪通風力因地面之高低空氣之壓力及溫度而稍有變更，但為數至微。乾燥及晴朗之天氣，所得通風力較佳耳。

汽鍋所燒之煤類，與通風之需要兩者互相牽制，如汽鍋燃燒極小塊之白煤，則煙囪須高至三百八十英尺以上方能得有適當之煙囪通風力，因煙囪建築太高為事實上所不能，故用機器通風以輔助之。

### 十三 風之需要

燒煤機器需要之通風力當根據所燒之煤類及汽鍋之擔負而變更，汽鍋最高之量率(Maximum rating)則依據以下兩點，(一)燃煤率(二)爐之面積。

茲略述各種燒煤機器通風之需要，以備實行者之採擇。

#### (一)鏈子式燒煤機器

依林奴愛鏈子式燒煤機器(Illinois Chain Grate)

此項機器最合燃煤有多量灰份者，煤中有百份之二十



二至百分之二十五灰份者 (Ash 22% to 25%), 用百分之六十三英寸火上火通風力 (Draft over the fire 0.63 Inch of water) 及用一英寸之風門通風力 (Draft 1.0 Inch at the damper) 燒之則每平方呎之爐面上每小時能燒煤四十二磅, 火厚 (Fuel bed depth) 則不得過六英寸。如採用強迫的通風 (Forced draft) 式, 則火上火通風力用百分之十五英寸, (0.15 Inch of water), 風箱內有一至四英寸之風力 (Wind box pressure 1.0 to 4.0 Inches of water)。

#### 潑來福特鏈子式燒煤機器 (Playford Chain Grate)

此項機器製有甲乙兩種 (Type A and Type B), 甲種與他廠造者相同, 乙種專為工作繁重之汽鍋用, 如用以燃燒高揮發物煤 (Volatile Matter 25% to 40%), 則效果最佳。此機能供給汽鍋連續工作百五十分至二百分之量率 (150% to 200% rating), 而無發生困難之虞。此種機器均用天然通風 (Natural Draft)。尋常工作時火上用百分之十五至三十英寸之通風力 (Draft in Fire Box 0.15 to 0.30 Inch of water), 最高工作時 (Maximum load) 用通風力百分之二十五至四十 (Draft 0.25 to 0.40 Inch of water)。

火厚五英寸半至六英寸。

惠司丁好司鏈子式燒煤機器 (Westing-house Chain Grate Stoker)

此項機器祇能燒易燃之煤用天然通風，尋常工作時爐中須有百分之二十五英寸通風力 (Draft in the furnace 0.25 Inch of water)，加重工作時，通風力糾正至百分之六十英寸爲止 (0.60 Inch of water)。如煤好風足則每平方呎之爐面亦可於每小時上燒煤五十磅。

皮氏鏈子式燒煤機器 (B.&W. Chain Grate Stoker)

此項加煤機器各種煤均可採用。大概均以天然通風。尋常工作時火上通風力爲百分之二十五英寸 (Draft 0.25 inch of water)。如汽鍋之量率增至二百分時 (200%) 則火上通風力須糾正至百份之七十五英寸 (Draft 0.75 Inch of water over the fire for 200% boiler rating)。

格例恩鏈子式燒煤機器 (Green Chain Grate)

此項機器能有火上通風力十分之一英寸 (Draft 0.1 inch of water) 則每平方呎之爐面，每小時可燒煤十磅。開字式 (K type) 機器用天然通風，如每小時在每平方尺爐面

上須燒煤五十磅時，則火上通風力須十分之六英寸 (0.6 Inch of water)。愛耳式(L type)機器可用天然通風或機器通風，通風力與燃煤率之比例與開字式機器同，如用機器通風則汽鍋之量率可增至(250% rating)。

#### 殼克氏鏈子式燒煤機器(Coxe Traveling Grate)。

此項機器本用以燃燒小塊白煤或焦煤，但用以燃燒易燃之煤結果亦佳。火下用機器通風，通風力一英寸至二英寸 (Forced draft 1.0 to 2.0 Inch of water)。如爐面與汽鍋之受熱面比例準確 (Proportioning the grate surface to the heating surface) 汽鍋可連續工作至二百分量率而得最經濟之結果。此項燒煤機器能於每小時在每方呎面積上燒小塊白煤至五十磅。

#### 勒克利特鏈子式燒煤機器 (Laclede-Christy Chain Grate)

此項燒煤機器用以燃燒易燃之煤而製。此項機器祇用天然通風，用一百七十五英尺至二百五十英尺高之煙囪。汽鍋之量率可至三百分(200% to 300% rating)。

#### 大陸鏈子式燒煤機器(Continental Chain Grate Sto-

ker)

此項機器能燒各種易燃之煤及木煤以及灰多及灰易融化之煤而奏效，惟不宜燃燒易結餅之煤 (Caking coal) 及灰少之煤 (Ash under 7%)。燒六成小塊和四成末之煤，結果最佳。如燒灰多之煤則火之上通風力如下，每平方呎爐面每小時燒煤三十磅用風 0.2 Inch of water，燒四十磅用 0.22 Inch of water 通風力。

### (二) 火上添煤式燒煤機器 (Overfeed Stoker)

#### 倫奈燒煤機器 (The Westing house Roney stoker)

此項機器專燒易結餅或易燃之煤，皆用天然通風。尋常工作須有百分之二十五英寸之通風力 (0.25 Inch of water)，最高工作 (Maximum load) 須用百分之六十英寸之通風力 (0.6 Inch of water)。如用易燃燒之煤最多之燃煤率為每小時每平方尺燒煤五十磅，如燒易結餅之煤 (High caking coal)，最高之燃煤率每小時每平方尺爐面上祇可燒煤三十五磅。

#### 惠石耳燒煤機器 (Wetzel stoker)

此項燒煤機器如用以尋常工作則用天然通風。如汽鍋

須工作至二百分量率(200% rating),則須用機器通風。

#### 呂甘燒煤機器 (Reagan stoker)

此項燒煤機器用以燒含有百分六十至七十之固定炭質之煤(60% to 70%)最佳。機器風吹(Turbo-blower)係與燒煤機器連接。燃煤率至六十磅時約須通風力一英寸(Draft 1.0 Inch of water)。

#### 地屈路搖式燒煤機器 (The Detroit stoker)

此項燒煤機器皆用天然通風，尋常工作時約須百分之二十五英寸之通風力(Draft 0.25 Inch of water),最高工作時須有百分之五十英寸通風力(Draft 0.50 Inch of water)。汽鍋平常工作之量率為一百五十分(150% rating),汽鍋工作至二百分量率(200% boiler rating)時亦經濟且易。如汽鍋須工作至三百分量率時(300% rating)則灰坑中須有通風力十分之八至一英寸,(0.8 to 1.0 Inch of water in ash-pit)。

#### 模範燒煤機器(The model automatic stoker)

此項燒煤機器可燒各種煤,用天然通風或機器通風,均可。此項燒煤機器用十分之二英寸火上通風力(0.20 Inch

of water)結果極佳。如汽鍋之量率須二百分時 (200% rating), 則用加倍通風力即(0.40 Inch of water)。

### 利海燒煤機器 (Lohigh stoker)

此項燒煤機器共有兩種。甲種用天然通風, 能燒各種煙煤, 尋常工作時火上通風力, 為百分之二十五英寸 (Draft over the fire 0.25 Inch of water), 汽鍋工作至二百分量率時 (200% rating), 火上通風力需要加增一倍即 (0.50 Inch of water)。乙種用機器通風, 能燒各種煙煤及各種白煤, 風箱中風力由一英寸至三英寸 (Wind-box pressure 1.0 to 3.0 Inch of water) 汽鍋工作之量率由一百五十分至二百分 (150% to 220% rating)。

### (三) 火下添煤式燒煤機器 (Underfeed stokers)

#### 臺樂爾氏燒煤機器 (The Taylor Stoker)

此項燒煤機器, 燒煙煤半煙煤及半白煤結果甚佳。如燒木煤 (Lignite) 結果亦尚好。祇有機器通風。尋常工作 (10% boiler rating) 則風箱中之通風為一英寸半至二英寸 (Pressure in wind-box 1.50 to 2.00 Inch of water), 火上須有百分之三英寸吸力 (Suction in the furnace 0.03 Inch

of water)。最高工作時 (200% to 300% boiler rating), 則風箱中風力為三英寸至四英寸 (Pressure in wind-box 3.00 to 4.00 Inches of water) 火上吸力為百分之五英寸 (Suction in the furnace 0.05 Inch of water)。機器通風管理空氣之供給極為完善, 不依賴天氣之陰晴, 可燒低級之煤, 燒煤機器與機器風扇用同一電動機引帶工作, 或同一蒸汽器引帶。封火後再開始工作極迅速, 大約於十五分鐘內可加汽鍋之量率至二百五十分 (250% rating), 最高燃煤率可至八十磅。

#### 雷來氏燒煤機器 (The Riley stoker)

此項燒煤機器能燃燒各種煙煤, 用機器通風, 通風力隨汽鍋量率而更變, 風箱中風力能由零吋至五英寸 (Pressure in the wind box from 0 to 5 Inches of water)。如汽鍋工作至二百分或三百分量率時 (200% to 300% boiling rating) 則火上須有吸力百分之三 (Suction in the furnace 0.03 in of water)。

惠司丁好司火下添煤機 (The Westing-house under-feed stoker)

此項機器皆用機器通風。通風力與燃煤率之比例無從規定，因煤之種類及塊之大小在此項機上燃燒則通風力因之變更。

衣字式燒煤機 (The Combustion Engineering Type "E" stoker)

此項機器能燒各種煙煤及白煤，必用機器通風。風箱中風力能由一寸至五寸半 (Pressure in the wind-box from 1.00 to 5.50 Inches of water)。火上吸力 (即通風力) 須有至少百分之五英寸 (Draft suction over the fire 0.05 Inch of water)。大概風箱中有一寸之風力則每平方呎之爐面上每小時能燒煤拾磅餘則類推。汽鍋量率至二百份或二百二十五分 (200% to 225% rating) 可連續工作。如須汽鍋之量率至三百分到三百五十分時 (300% to 350% rating)，祇可工作由二小時至四小時。

摩洛霍燒煤機 (The Molock stoker)

此項燒煤機係火下添煤自行清理式，專燒煙煤及半煙煤，亦用機器通風。但因其通風管甚大用天然通風亦可。用火上通風百分之三十至四十五英寸 (Draft over the fire



0.30 to 0.45 inch of water) 並火下通風三寸半至四寸 (Pressure under the fuel bed 3.5 to 4.0 Inch of water), 可以使汽鍋工作, 由一百分至百五十分 (100% to 150% rating)。

#### 史蒂芬燒煤機(Steven Stoker)。

此項機器能燒煙煤及半煙煤, 如用天然通風並糾正火上通風至百分之二十五英寸 (Draft over fire 0.25 In. of water), 即能工作汽鍋至百分量率 (100% rating)。如用機器通風, 則灰坑中有風力一寸 (Pressure in Ash-pit 1.0 In. of water), 即能工作汽鍋至二百分量率 (200% rating)。

#### 十四 機器通風 (Mechanical Draft)

用機器風扇 (Mechanical draft fans) 通風, 輸入風之量數須根據爐中氣體之量數 (Quantity of flue gas) 而定, 實地應用時, 則根據每汽鍋馬力每小時燒煤五磅, 每磅煤發生爐中氣體二十四磅, 照以上計算則已包括汽鍋量率及低級煤矣。是則以每汽鍋馬力每小時爐中發生氣體一百二十磅 (120 pounds flue gas) 作根據, 則風扇尺寸之大小即可

得之於該項風扇之製造廠家也。

應起的通風(Induced Draft): 此項風扇之工作, 須管理溫度高之氣體, 此種氣體有時且雜以煤灰, 故保持此種風扇之工作其值頗巨也。因此各廠均採用強迫的風通(Forced draft) 以減省費用, 不過有時因汽鍋砌置之式樣須採用應風扇(Induced draft fan) 以冀火上得有平均散播之吸力(Suction draft)。應風扇所用之蒸汽約須汽鍋中所蒸發者百分之三(3%)。

強迫的通風(Forced draft): 如採用強迫的通風, 則煙囪本身之通風, 須能保持在汽鍋砌置各部, 均有相當之吸力。否則汽鍋砌置之磚牆均受損壞, 因高熱之氣體均將由磚縫中逸出。此項吸力為引入火上適當空氣之供給(Proper amount of secondary air) 需要, 此項吸力無論何時在火上不得小於百分之三吋(0.03 Inch of water)。

如係大號汽鍋, 爐牆高至十英尺以上者, 用燒煤機器燒火。火上如無適足之通風吸力, 則爐牆必受損壞。如強迫的通風壓力太高則爐中之氣體必從牆縫中漏出。如煙囪中之通風吸力不敷則必用應風扇以輔助之。此項大汽鍋, 不論

燃煤率若干則火上必常有百分之五至十分之一英寸通風吸力 (Suction draft 0.05 to 0.10 Inch of water)。倘有須小心者即不許大塊溶滓聚集而使火苗噴射於爐牆上。灰坑中不使有漏風之處，風之輸入火中可以平均整齊。

蒸汽噴射管通風(Steam jet draft)，此項噴射管裝置於灰坑中可發生強迫的通風，或裝置於爐中通氣管內(Flue)，可發生應的通風(Induced draft)。用蒸汽噴射管通風，其裝置之價極廉，修理亦簡易，小工廠中以其價廉恆採用之。大工廠中有時汽鍋量率須加增以應工作時，不能採用此項通風，因其通風有限止，且費蒸汽而有響聲。

風扇之能力(Fan Power)，風扇之速率多隨汽鍋之量率及燃煤率而增減，切不可隨意將其速率增加致使過量之空氣輸入爐中。且耗費多量之蒸汽以行動引帶風扇之蒸汽機。茲舉例如下。

火之厚薄不更變，原需空氣量數  $x$  磅，通風計指示 1.0 Inch of water，行動引帶風扇之蒸汽機用蒸汽量數  $y$  磅。

如須空氣量數為  $2x$  磅則通風計指示需 3.5 Inch of

water, 蒸汽機用蒸汽需 6.5 *y* 磅。

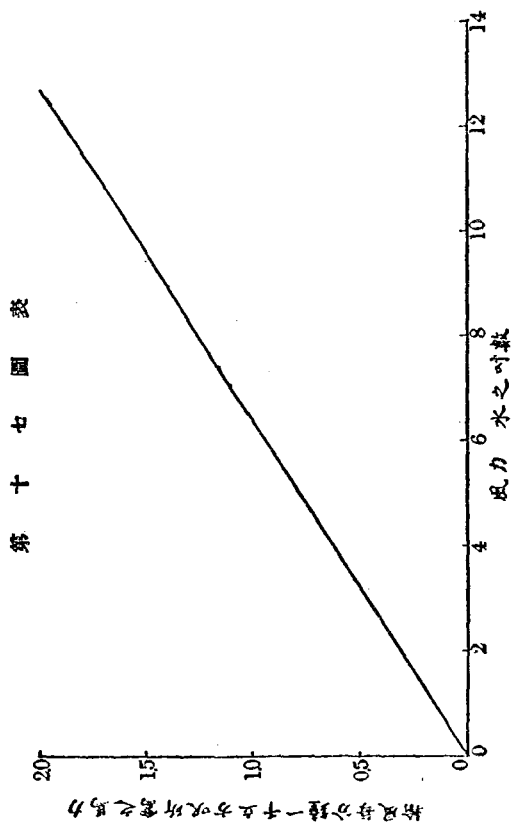
如須空氣量數為 3 *x* 磅則通風器指示需 6.0 Inch of water, 蒸汽機用蒸汽需 18 *y* 磅。

照上例觀之則引帶風扇之蒸汽器用蒸汽量數至巨, 故不可隨時增其速率以耗費蒸汽也。是以工廠中須小心選擇最經濟之蒸汽機以引帶風扇而工作汽鍋至較高之量率。而以機內排出之乏汽供汽鍋用水預熱器之用 (Feed water heater), 則較經濟也。

製造風扇廠家有造就一種風扇, 行動一定速率時則輸入空氣若干量數有一定之壓力。若將通風口放大則空氣之量數加增, 壓力則稍低, 而風扇之速率不改。茲將此項風扇工作之結果製圖表於下 (第十七圖表) 以備參考之用。

觀察第十七圖表, 以空氣量數為基本, 則機器馬力隨風之壓力而增。如速率不更, 馬力亦不更, 如須空氣量數加增則風之壓力必須低落也。增加風扇之速率而增輸風量數為最不經濟之動作, 已見以上所舉之例。如須多量空氣時並不需要壓力之加增, 則不若裝置較大之風扇, 或添備另一風扇以備汽鍋有時須加大量率以應工作, 則空氣輸入之量必須

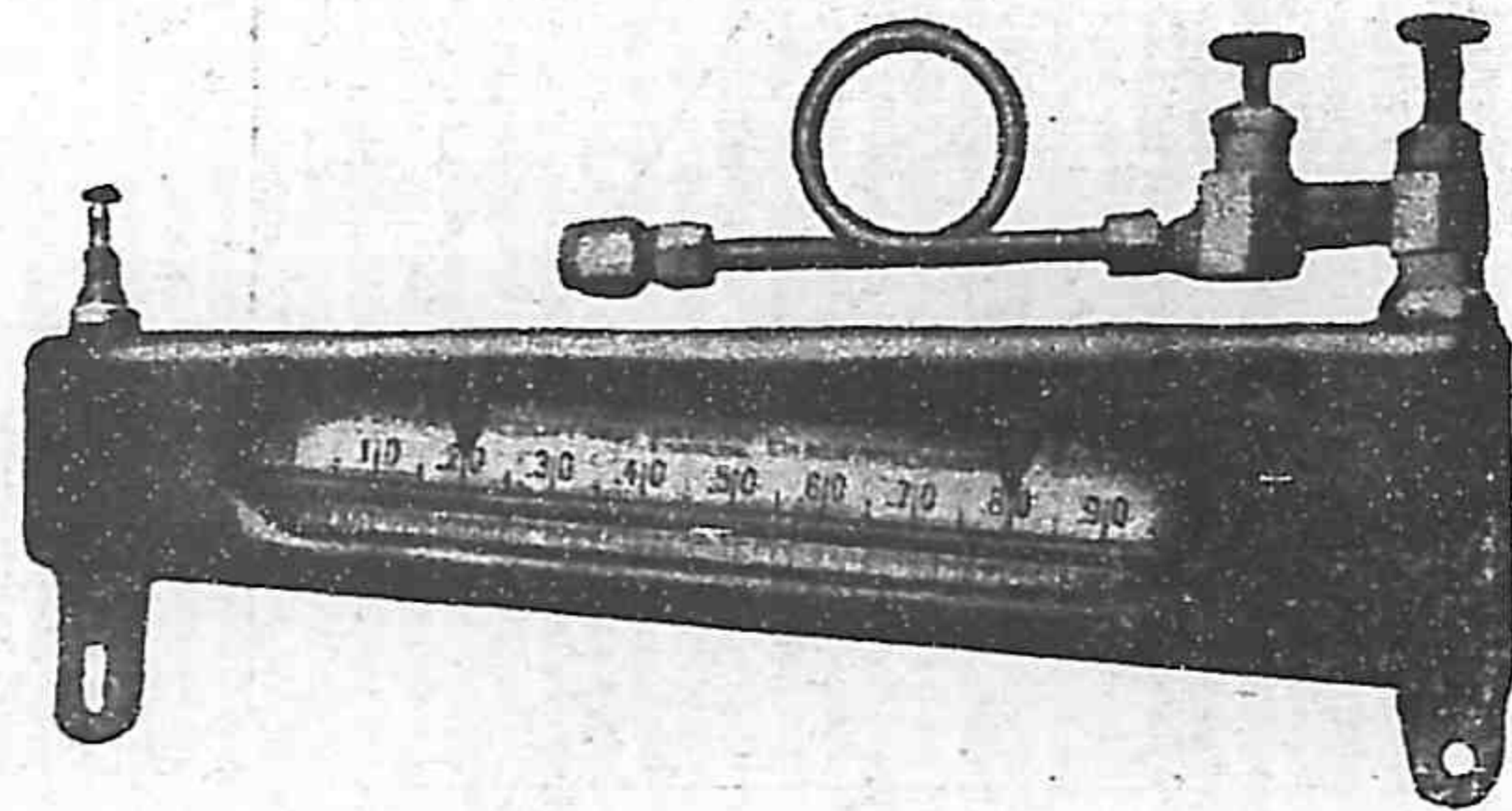
加大，因之以增高燃煤率也。



### 十五 通風計 (即指示計) Draft-gauges

簡單式的通風計 (Simple-draft-gauge) 指示通風計連接處之風力與空氣壓力的相差，尚有分微的通風計 (Differential draft gauge)，能指示在通氣道上兩地點間風力之相差。

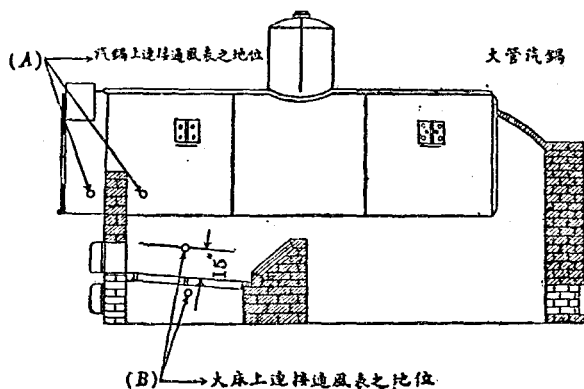
尋常簡單式的通風計係用一彎玻管做成 (U-tube)，管中裝水或油為量壓力之相差。油不甚蒸發且伸縮整齊，故通風計中皆裝加有紅色之礦油。此項油之比重 (Specific gravity)，必須記出，因將來如須添購時必須購同樣之油，否則曾經糾正之通風力亦將隨油而改變矣。



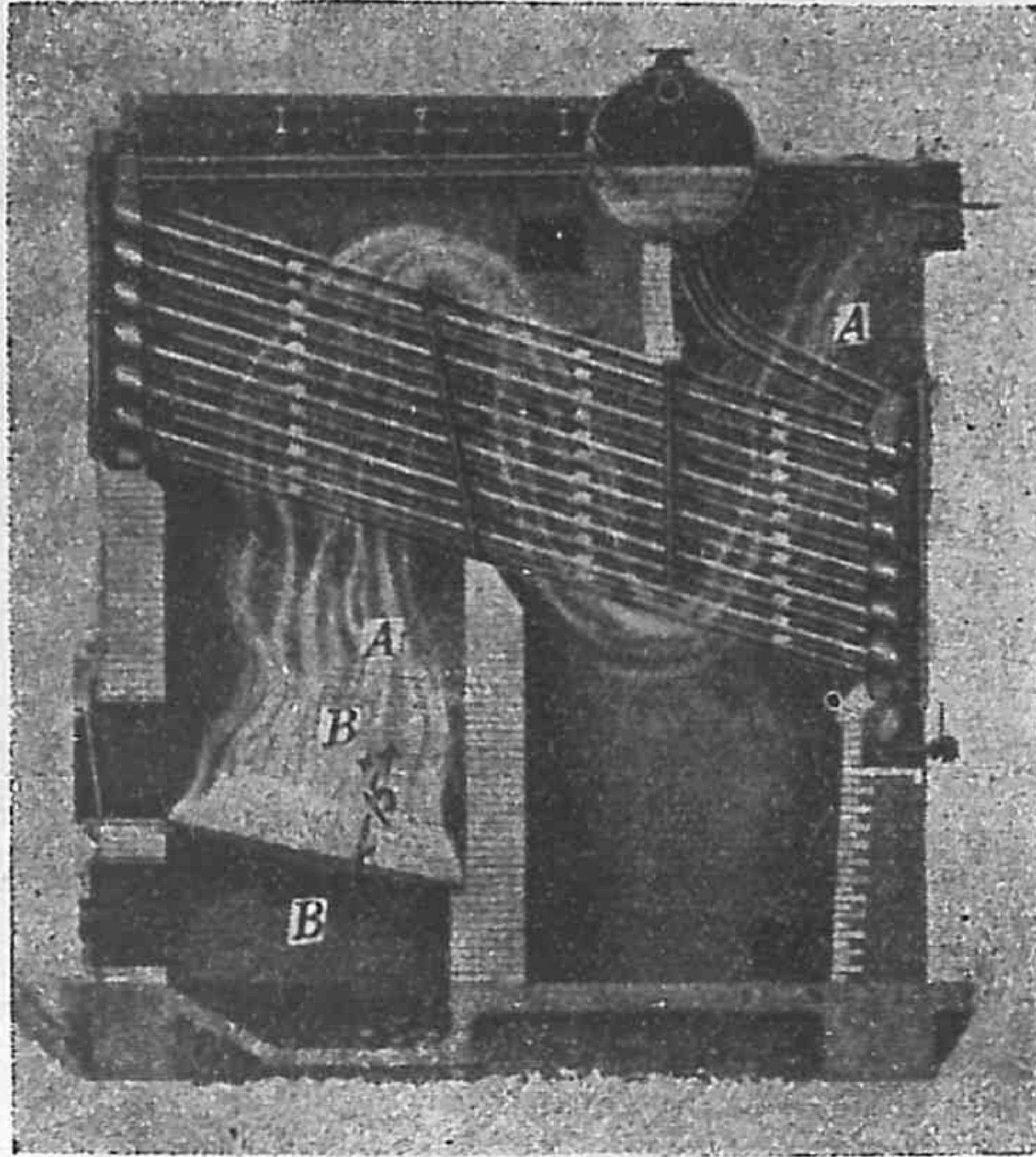
海絲氏之通風計

如欲準確之指示則必採用照上圖之通風計或其他有名廠家所製者。

煤在爐中能得完善之燃燒，則全賴每磅煤均得有適量的空氣之供給。燃燒合宜時則爐中之氣體量數係隨汽鍋之量率而增減，氣體在汽鍋各部經過時所受之阻力恆常不變。用分微的通風計能指示氣體經過各部時壓力之降落，則空氣之供給是否適量，亦由此而知矣。再用通風計接於火床 (Fuel bed) 上下則壓力之降落能指示火之情況。如火上壓力比較的降落加大，則係火床太厚或有溶滓阻塞通風之故。如壓力比較的降落減小，則顯示火上有燒通處或火床太薄



之故。此等通風表之裝接法，成爲最有效力的燃燒之指示（見第 109 頁之圖）。



水管汽鍋(A)與(B)代表接通風計之地點

上圖爲接通風計之合宜地位，火上之兩接頭處距離約二十英寸。

市上出售之通風計之種類甚多但其工作之原理則同。從通風計之指示，則知空氣是否供給不足或過量，實爲工廠之汽鍋房中不可缺少之儀器也。



## 十六 通風門及其用法(Dampers and their use)

火管汽鍋上所用之通風門鐵板 (Damper plate) 須與通氣道口之闊狹相等，並須有大於全數火管之面積加四分之一。該項鐵板必須開閉無阻。

水管汽鍋上所用之通風門鐵板須能開啓通風道約爐面四分之一的面積，並鐵板全啓時之地位無阻礙爐中氣體之出路。

糾正通風法，先將一分微通風計連接於鐵板之前後，先將風門緊閉，然後慢慢開啓，俟通風計受影響時，將此開啓之地位記錄，繼續開啓鐵板，俟通風計上指示兩面壓力相等（即無降落）時，將此開啓之地位亦記錄。汽鍋工作時，通風之需要祇須糾正鐵板之開啓在以上記錄兩地點之間。

管理通風門鐵板啓閉之機關，裝置於汽鍋前面，最為相宜。使伙夫（一經訓練）可知隨時如何糾正其火上通風。

市上有兩種自動糾正通風門鐵板開閉機，第一種機器挪動鐵板之地位係依據汽鍋中蒸汽之壓力而變更。故鐵板之啓閉與蒸汽壓力之增減適成一正比例。

第二種機器，遇汽鍋中之蒸汽壓力變動時，即能擺動鐵板由全開至全閉地位，旋轉不已。

對於工作經濟上立論，則第一種較佳。因第二種之動作祇能將鐵板全開或關閉，則燃煤太不經濟。蓋鐵板全開時，則逾量之空氣輸入爐中因之減低二氧化碳的成份，若鐵板全閉，則輸入之空氣不足而發生一氧化碳。

大抵燃煤率高者則通風高(High draft)，燃煤率低者則通風亦低(Low draft)。鐵板之糾正以輸入適當之空氣為管理工廠者所必需有之知識。

有許多因通風不適當而攪亂汽鍋工作之事，皆能用通風門之鐵板啓閉以糾正之。切勿可關閉灰坑之門以糾正爐中之通風，因其削除空氣由火下輸入之量而使在爐條上之灰的溫度加增而將爐條燒壞且溶滓亦因之而發生。如關閉灰坑減少空氣由火下輸入爐中，則燃煤率似乎減抵。但由牆縫中及爐門縫中進入之空氣實逾量矣。是以欲減少爐中各部之通風，則須用通風門上之鐵板以糾正之。如關閉灰坑門則僅火下之空氣輸入減少，而火上空氣之輸入反增加也。

### 十七 爐中氣體之溫度(Flue gas temperature)

爐中氣體之溫度均用灌水銀之溫度計量之，因其易於鑑別且準確也。此項溫度計約長三十吋可量溫度至華氏 1000 度  $1000^{\circ}F$ 。有時用一種金屬製之熱電偶(Thermocouples)亦佳。如能連續記載爐中氣體之溫度最為有益。

量氣體溫度之地點，係在氣體離開汽鍋，而入通氣道以通煙囪之處，由此則可計算熱量之丟失。量溫度時必須將溫度計深入氣體中，時間須十分鐘，否則不準確也。

欲量準確之溫度必須注意以下各點。(一)溫度計或其他量溫度儀器當插入爐中量氣體之溫度時，其在爐外之一部份須受四週溫度之影響，因之所記載之溫度較高或較低也。是以此項量溫度儀器暴露在爐外之部份愈小則所量之溫度愈準確。如採用熱電偶(Thermocouples)，則暴露在爐外之一部份接線須採用頂細的銅絲，則不受四週溫度之影響，所量爐中氣體之溫度錯誤極微也。

(二)放置熱電偶之處必須是爐中氣體入通氣道前經過之處。最好再用一熱電偶置於通氣道接煙囪之處，比較兩面

之溫度，則知在通氣道前所置熱電偶之地點是否適當，緣在通氣道前之溫度須較在入煙囪前之溫度稍高也。常見有一工程師用一灌水銀之溫度計插入一水管汽鍋以量爐中氣體之溫度，其所量得之溫度爲華氏 386 度  $386^{\circ}F$ 。當時蒸汽之壓力爲 162 磅。查蒸汽表溫度係  $371^{\circ}F$ 。是則爐中氣體之溫度較蒸汽之溫度祇高  $15^{\circ}F$ 。爲不可能之事實。及仔細察看，其錯處係將溫度計置在爐中之水管上，所量者實係管中之熱水溫度。實際上爐中之氣體較蒸汽之溫度相差總在  $100^{\circ}F$  之上。是以放置溫度計在適當地點上，以量爐中氣體之溫度，實亦一高等技術也。

量爐中氣體準確之溫度即可知汽鍋本身之情況，如入煙囪之氣體溫度太高，則汽鍋之管子內有水鹼，外有煙灰或隔板 (Baffles) 破損，因之不能吸收多數熱量，則汽鍋必須立即內外洗掃並修理也。故爐中氣體之溫度在汽鍋工作重要時必須每數小時量溫度一次以定汽鍋之情況。

其法先量一甫經清掃修理後所用汽鍋中之溫度，以此爲標準而量其他汽鍋。如在汽鍋工作重要時爐中氣體之溫度較標準者高  $100^{\circ}F$  以上則汽鍋必須清掃也。

以氣體(Flue gas)有不變之比熱(Specific heat),汽鍋之效果以吸收熱量之多寡計,則

$$\text{汽鍋之效果(Boiler Efficiency)} = \frac{t_1 - t_0}{t_1 - t_b}.$$

$t_1$  = 爐中氣體接觸汽鍋受熱面以前之溫度。

$t_c$  = 爐中氣體離開汽鍋後之溫度。

$t_b$  = 汽鍋之溫度。

## 十八 氣體之分析 (Analysis of gases of combustion)

分析爐中氣體為考查燒煤完善與否之法,亦為決斷熱量丟失之處。實地工作時所需察看者祇二氧化碳之成份而已。此項分析須常時的,最好每五分鐘一次。

以下各點均可隨爐中氣體分析之考察而校正也。

### (一) 燒火法:

(a) 決定合宜的燒火法,(即攤開法與蒸煤法,見前)

(b) 正當的平火使無洞漏入空氣。

(c) 合宜的火床之厚。

(二) 通風之糾正,因不同的火之厚薄與汽鍋之擔負。

(三) 查察爐牆上等有無裂縫。

(四)適量的火上空氣供給而得燒煤完善。

(五)考察爐子之構作有無弱點。

常時有分析爐中氣體(Flue gas)內包含以下之各氣體之成分(% by Volume)以體積計, (a)二氧化碳( $CO_2$ ) (b)氧( $O_2$ ) (c)一氧化碳( $CO$ )有時亦須決定單獨的氫(Free hydrogen  $H_2$ )之成份。如一氧化碳之成份小於 0.5% 則無庸搜尋氫之成份。此項氣體分析所得各種氣體之成份係按體積計算, 如須以重量計算則以各分子之量數乘之即得。分子之重量(Molecular Weights)如下:

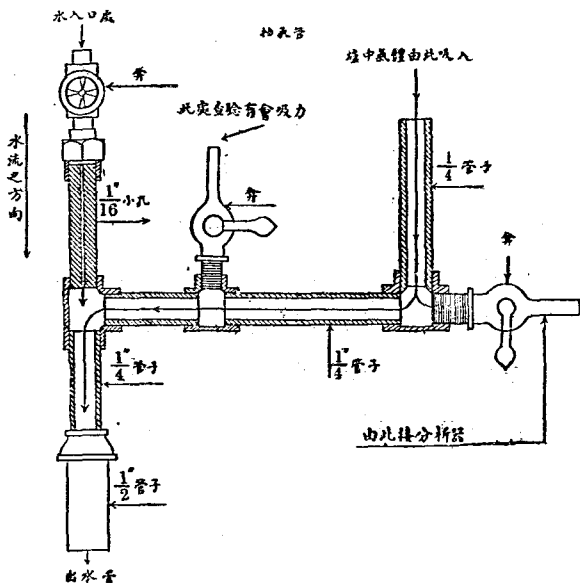
氫 ( $H_2$ )=2, 二氧化碳  $CO_2=44$ , 一氧化碳  $CO=28$ ,  
氧  $O_2=32$  氮  $N_2=28$ .

採取氣體樣子 (Sampling flue gases)

如欲得有價值之氣體分析, 必須慎重採取氣體樣子。工程師之意見各異, 有云採取氣體樣子之管子須用石英(Quartz)製者為上, 或云用一英寸徑口之鐵管, 將其管口塞住, 另鑽  $\frac{1}{8}$  英寸之小孔, 每孔距離約 6 英寸, 即將此頭之管子通入(up-take) 氣體離汽鍋之處, 則氣體可由小孔入管。要知氣體如不遇阻力, 速率較快。如用以上鑽有多數小孔之管

子，則壺頭之小孔內流入氣體較他孔多，有時全數之氣體或皆由第一個小孔流入。有時多數之小孔或為氣蔽塞，氣體之速率在爐之中央較爐之邊上為快，則所採取之氣體樣子決不能一律。且在近爐邊上流入管子中之氣體包含多量空氣，此等樣子毫無價值。

最善之法係用一呼吸器(aspirator)連接於採取氣體樣



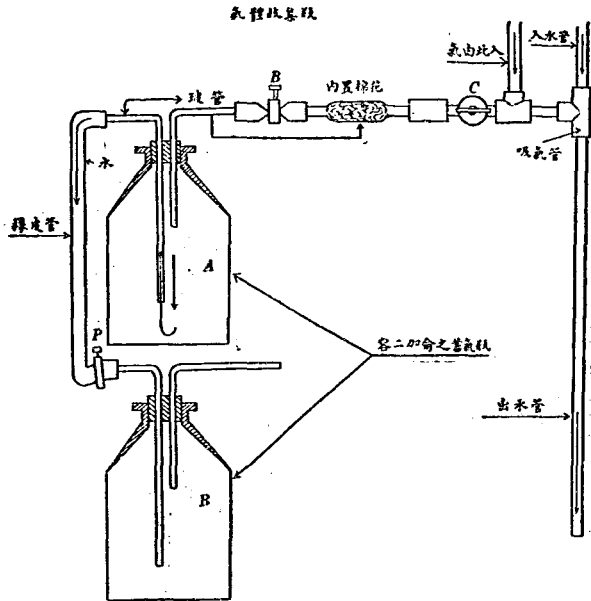
子之管子上(見圖)，採取氣體樣子之管子則用 $\frac{1}{4}$ 英寸徑口紫銅管子最佳。最要小心者則採取氣體樣子之管子伸入爐中之地位必須適當，不可有空氣隨氣體流入。如用分析器直接分析則五分鐘須分析一次，而計算一日之平均數(如每五分鐘在汽鍋旁分析氣體一次，在所不便，則用一氣體聚集瓶連續採取，詳後)。

實際上須採氣體樣子之地點有兩處：(一)在爐中之氣體與汽鍋受熱面接觸之處(First pass)，(二)在爐中之氣體，離開汽鍋之處(up-take)。

#### 氣體收集瓶(Fluo gas collectors)

因每數分鐘直接在汽鍋傍分析爐中之氣體不便，可以用一相當之蓄氣瓶採取一定時間內之平均氣體樣子。下圖為最合式之蓄氣瓶。用可容二加侖之瓶足以蓄聚十二時平均之爐中氣體，瓶及管子均以玻璃製者為上，接以橡皮管子，照圖連接。*A* 瓶與 *R* 瓶須先滿貯水接以虹吸管，*B* 與 *P* 係夾弁(Pinch-cock)。*B* 與 *P* 開啓則 *A* 瓶中之水流入 *R* 瓶中，爐中氣體則由 *B* 吸入 *A* 瓶，水由 *R* 瓶噴出，則氣體由 *A* 瓶吸入 *R* 瓶矣。

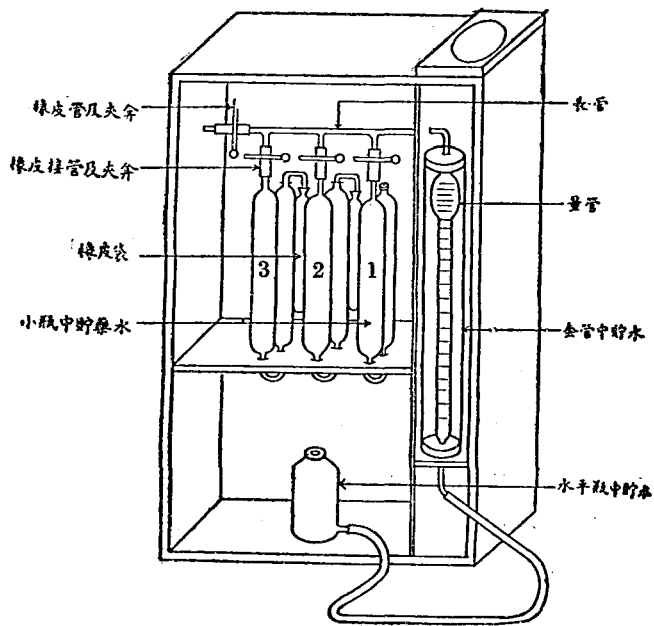




### 分析氣體用之儀器 (Flue gas analyzing apparatus)

分析氣體用之儀器種類不一，其中以奧撒忒 (Orsat) 氣體分析儀器為各工廠所採用者也。按左圖該儀器之主要部份為一量管，三個吸收小瓶，接連管及一水平瓶。瓶與管均玻製，量管可容一百立方釐米，管上分格，每格係五分之一立方釐米。量管外套一玻管，中貯涼水，使氣體入量管分析時不

因四週溫度之高低，而變更體積。小瓶皆成對下接玻璃管成彎形(U-shaped)。小瓶中貯藥水(詳後)以吸收爐中氣體內之各要素成份。第一只小瓶中貯氫氧化鉀水(Solution of Potassium hydroxide) 以吸收二氧化碳( $CO_2$ )，第二只小瓶中貯焦性沒食子酸水(Solution of Pyrogallic acid) 以吸收



氧( $O_2$ )，第三只小瓶中貯氯化銨加氯化銅水 (ammoniacal solution of cuprous chloride) 以吸收一氧化碳( $CO$ )。小瓶中並裝有多數之小玻璃管，可使氣體與液體接觸之面積增加，俾吸收完善。沒食子酸水及氯化銅均極易吸收氧。放第二只及第三只小瓶後均裝有橡皮袋，不使空氣與其接觸。氣體之被吸入及排出之量管均用水平瓶管理。橡皮接管上均有夾傘(Pinch cock)，以管理氣體之流入各部及其排出。各種藥水之配製及奧撒忒儀器之用法，以及他種自動記載二氧化碳儀器均詳述於後。

#### 配製奧撒忒所用各種藥水法

##### (1) 氫氧化鉀藥水 (吸收二氧化碳氣用)

(用) 氫氧化鉀(Potassium hydroxide, KOH) 330 克

蒸溜水 (燒熱) 1000 立方釐米

將藥化入蒸溜水內俟冷裝瓶塞緊，久貯不壞，用時祇取面上液質，沉澱物不可用。每瓶可裝奧撒忒上用之吸收氣體小瓶五次，每小瓶內之液質可用以分析氣體一百五十次。

##### (2) 沒食子酸水 (吸收氧氣用)

沒食子酸(Pyrogallic Acid) 焦性結晶 10 克

蒸溜水 25 立方釐米

將藥溶化水中，用瓦瓶裝貯最佳，因光亮能使藥性丟失。隨製隨用最好。

用時先將第二只吸收氣體之小瓶灌入 25 立方釐米之沒食子酸水。然後加入氫氧化鉀水俟小瓶前後均有半瓶以上，二種液質須勻和。勻和之法係先將第二小瓶上夾弁開放，然後將水平瓶提高並放落數次，則小瓶內之液質即調勻。

### (3) 氯化銨及氯化銅水（吸收一氧化炭氣用）

氯化銨 (Ammonium Chloride) 250 克

蒸溜水 750 立方釐米

裝入瓶中將瓶頻頻搖動俟藥粒化盡為止，然後再加入。

氯化銅 (Cuprous chloride) 200 克

將瓶搖動氯化銅融化不易，有時藥粒不一定能完全融盡，用時祇取面上之液質，不可將瓶搖動。瓶中須放入紫銅數小片，然後將瓶塞緊，可久貯不變。

裝入奧撒忒儀器時，先將氯化銨合氯化銅水裝入第三只吸氣小瓶，前後瓶中均約有半瓶，然後再加入亞摩爾水

(Ammonium hydroxide), 初加入時藥水內起白沫直至不見白沫爲止。此種混合液體成爲深藍矣。當加入亞摩爾水時, 必須將瓶中之藥水攪和 (用水平瓶), 最適量之混合爲 3:1。即每 3 立方釐米藥水須加一立方釐米亞摩爾水。此項混合藥水能吸收一氧化炭。奧撒忒用畢後, 此種藥水均應傾去, 如用存留在儀器內陳舊之藥水, 則所得之結果不可靠也。

#### 用奧撒忒儀器之手法

(一) 奧撒忒上所用之橡皮管以黑色者爲上。

(二) 灌藥水時先將小瓶卸下, 藥水裝上一對小瓶均至半瓶以上。藥水吸至前面時則後面仍存有一寸高之液體者爲上。藥水不可沾在手上及衣上, 因含有強烈之鹼質故也。

用奧撒忒時尙須注意以下數點。

(一) 小瓶上之夾弁是否開閉靈活。如裝就有玻質活門者則必須抹上凡士林油少許, 使其開關滑利而不漏氣。

水平瓶 (Leveling bottle) 之水必先飽和以爐中之氣體。如小瓶之藥水因不慎而被吸入量管中, 則水平瓶內之水必須傾去, 另換清水。

(二)儀器必須保守清潔，每次用奧撒忒時，則必查察橡皮接管上有無漏氣之處。

(三)所有氣體之度量均須一律用水平瓶校正之。

(四)在分析氣體時，儀器四週之溫度不可隨意更變，否則引起錯誤。

(五)考查儀器有無漏氣之處，其法先將長玻管之夾傘開放，再用水瓶吸入約有半量管之空氣。然後將手握水瓶降落二尺，如量管中之水不動，則無漏氣之處，否則須將漏氣處修好方可應用。

用手以工作奧撒忒儀器其法如下：先將儀器連接於吸取爐中氣體之管子上，將長管上之夾傘開放。用水瓶吸入氣體於量管中，俟量管中之水降落至零格(0 mark)上然後將夾傘關閉。再將水瓶提起注視量管中之氣體是否適為100立方釐米。如有多少，再將長管上之夾傘稍稍開放，糾正量管中之氣體為100立方釐米。糾正之法係將水瓶持近量管，視量管中之水面是否與水瓶內之水面齊平，而量管中之水面是否在零格上(0 mark)，否則將長管上之夾傘稍開，然後用水瓶提高，或放低以糾正之。糾正後即將長管上

之夾弁關閉，然後再將水平瓶提起放落數次，再將水平瓶持近量管，校對量管中之氣體是否仍為 100 立方釐米。

量管中之氣體校準之後，先須查考二氧化碳之多少。查考之法如下。將第一小瓶上之夾弁慢慢開啓，將水平瓶提起則量管中之氣體均流入小瓶中。將夾弁關閉候半分鐘，將水平瓶提起放落數次。用水平瓶時將第一小瓶上之夾弁開放，然後將水平瓶慢慢放落，俟小瓶中之藥水，升起至原來之高低時即將夾弁關閉，則此時餘剩之氣體已回入量管中。將水平瓶提起放落數次，再將水平瓶慢慢提起，然後持近量管，俟量管中與水平瓶內之水面齊平。此時因二氧化碳，已被吸收入小瓶，則量管中之水面，必較原來升高。其升高之水量，即等於吸收去之二氧化碳。例如量管中之水面，原在零格 (0 mark) 現在十三又半格 (13.5 c.c mark)，則二氧化碳為 13.5%。

工作奧撒忒儀器為極精巧之手藝，切勿粗心。手法須穩慢，方有圓滿之結果。有時且須重複校對是否無錯。

已決定二氧化碳之量數後，其次即須決定爐中氣體中，所含氧之量數。其法將量管中，已經決定過二氧化碳後餘剩

下之氣體推入第二小瓶中。將第二小瓶上之夾弁開放，用手握水平瓶慢慢提起，俟氣體均被推入瓶中後即將夾弁關閉。約俟一分鐘，將夾弁開放，將水平瓶提起放落三五次。然後將水平瓶慢慢降落，俟小瓶中之藥水升至原來之高低時，將夾弁關閉。將水平瓶提起放落數次，然後持近量管俟量管中與水平瓶內之水面齊平。此時量管中之水面必更升高，因氣體中之氧又被吸收故也。設此時量管中之水面升至十七又二格 (17.2 c.c. mark)，則除去已決定之二氧化碳 ( $CO_2$ ) 13.5%。則氧之 ( $O_2$ ) 成份等於 3.7%。已經決定二氧化碳及氧後，則用餘下之氣體推入第三小瓶中以定一氧化碳 ( $CO$ ) 之有無。其法與上同，量管中水面之升高，則等於二氧化碳之成份加氧氣之成份加一氧化碳之成份 ( $\%CO_2 + \%O_2 + \%CO$ )。

設末次量管中之水面升高至 (17.4 c. c. mark)，除去二氧化碳及氧之成份後，餘下者則為一氧化碳之成份矣。照以上之數則一氧化碳之成份為  $17.4 - 17.2 = 0.2\%$ 。

已決定過一氧化碳氣後，將長管上夾弁開放並將水平瓶提高俟餘剩下之氣體，均為氮 ( $N_2$ ) 皆被逐出長管外後，



即將夾弁關閉。俟五分鐘後，又可吸入爐中之氣體而分析矣。

實地考察時，爐中之氣體均每十五分鐘必須分析一次，則每小時分析四次。如工廠每日工作二十四小時，則氣體之分析亦必經過二十四時，而取其平均之成份，以定汽鍋工作之優劣。算平均數法，分析以每十五分鐘一次以二十四小時計算，每小時之平均數，則將四次分析之數，加在一數以四除之即得。再以二十四時內每小時之平均數加在一處，以二十四除之即得。

氣體分析單，(照上所得寫法如下)

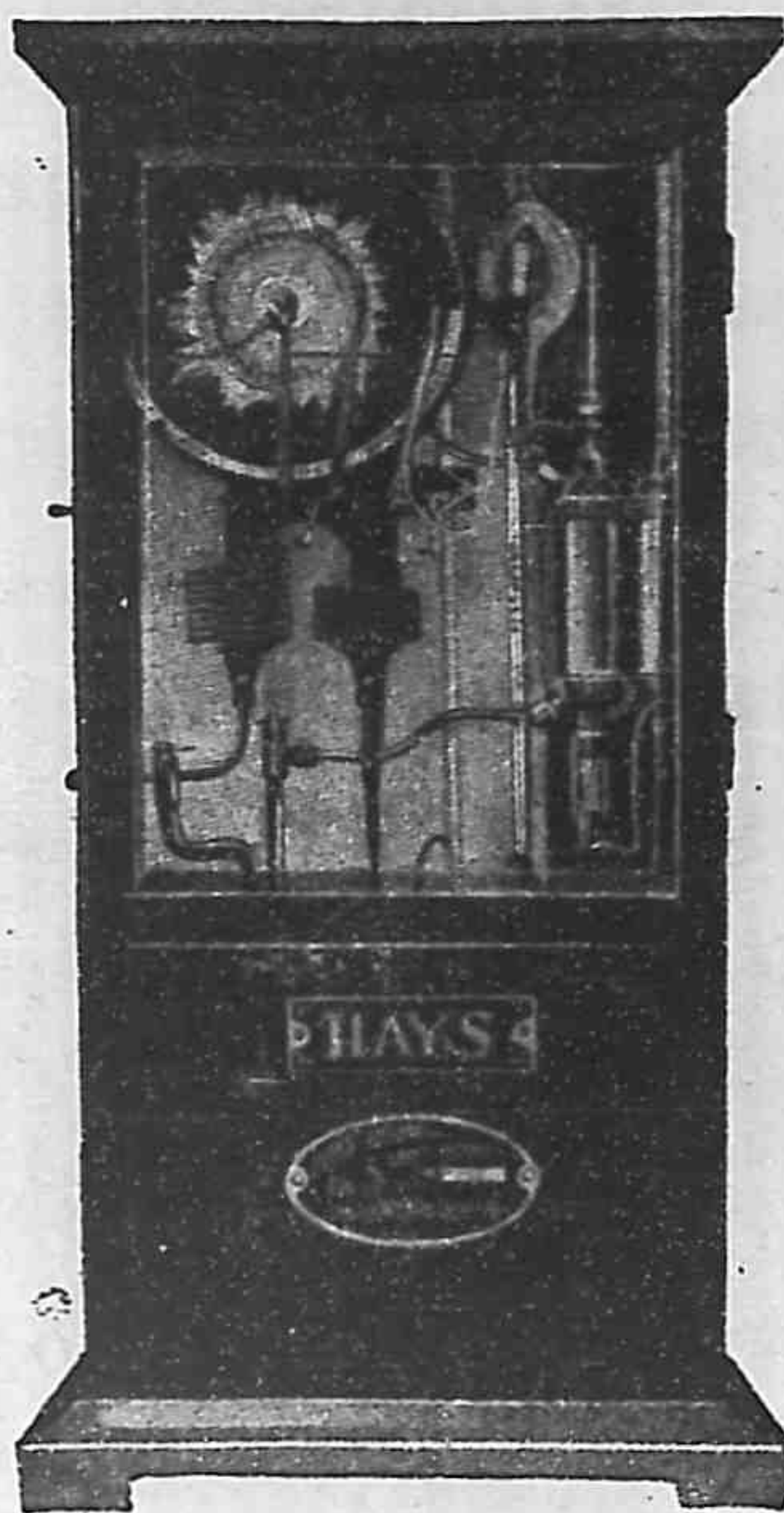
二氧化碳	13.50%
氧	3.70%
一氧化碳	.20%
氮 = $100 - (CO_2 + O_2 + CO)$	82.60%

### 十九 碳酸氣即二氧化碳指示器

有多數大規模工廠除考察汽鍋時用奧撒忒儀器外，每只汽鍋均裝有自動二氧化碳記載機。則每日汽鍋之工作隨

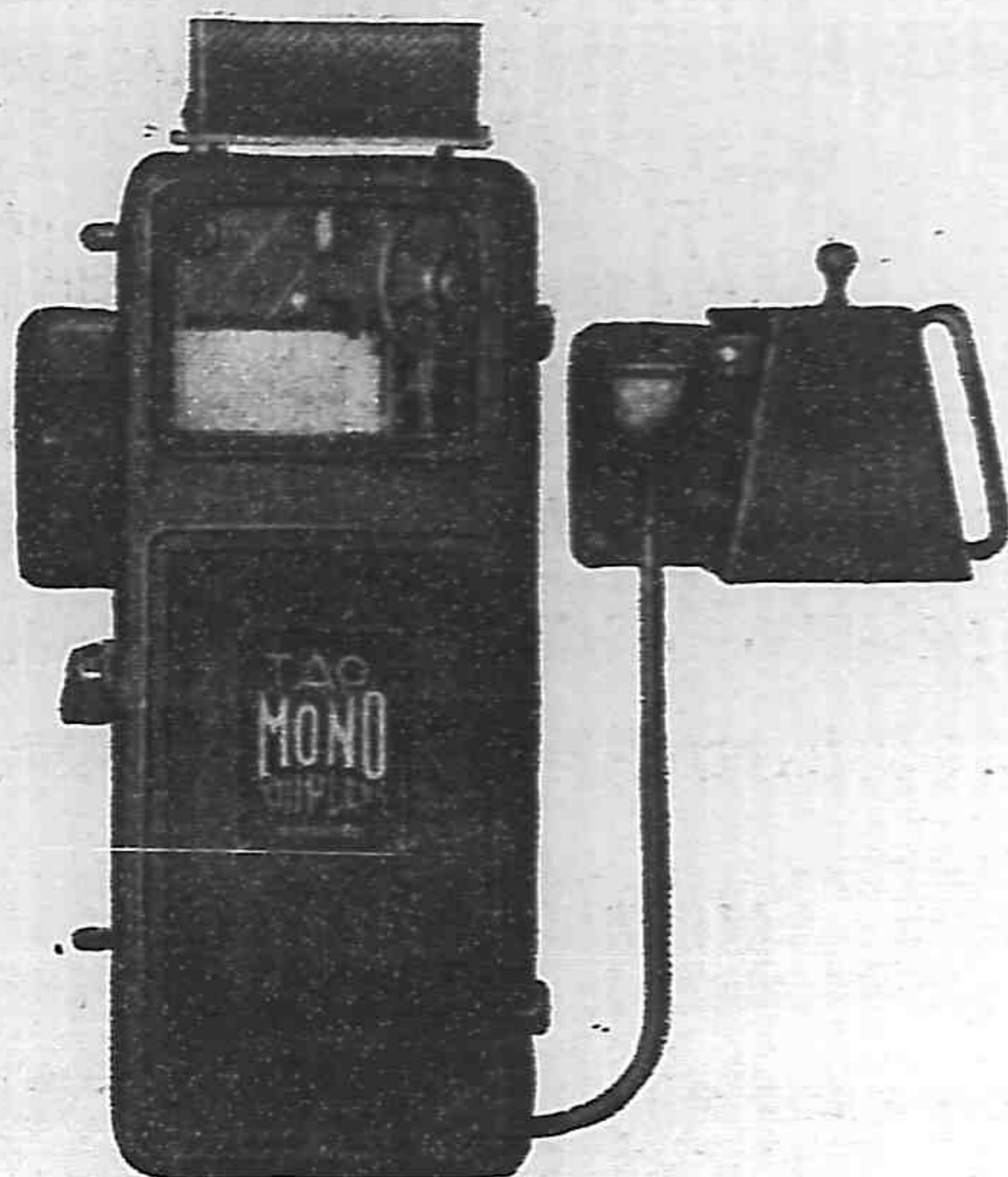
時可根據其工作而糾正空氣之供給。茲將該種自動二氧化碳記載機之著名者數種略舉於下以備參考焉。

(一) 海絲氏之自動二氧化碳記載機 此項記載機能顯明燒煤之完善與否，多數之工廠均採用之。因其記載準確，構造簡單而堅固。爐中之氣體由該機自動吸入，並放出繼續不斷，自動糾正溫度及壓力，每二分半鐘自動分析氣體一次。通風器指示連於該機。前面之圓形卡片上記載極清晰。如二氧化碳成份太低，則機內之警鐘自鳴以引起管理汽鍋房者之注意。此項自動二氧化碳記載機工作及管理均極價廉。



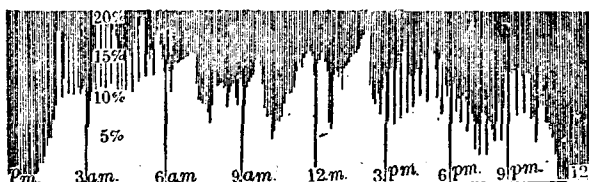
海絲氏自動二氧化碳記載  
機連通風記載器

(二) 莫挪二氧化碳記載機 此項機器係按機管中水銀



莫挪二氧化碳記載機

高低以吸入及排出爐中之氣體。氣體經過氫氧化鉀水瓶後，則走入量氣管，由此則自動記載於卡片上。上圖為複載式機器，因其能記載二氧化碳亦同時記載一氧化碳。卡面深黑色之面積為二氧化碳，而淺黑色之面積，則為一氧化碳。此項淺黑色面積之發生，即證明火上通風之不足，即宜補救之，否則多數熱量均丟失矣。莫挪二氧化碳記載機已經記載之卡片見下圖。



上圖為莫挪二氧化碳記載機器已經記載之卡紙式樣。此卡紙係夾置一圓筒上，圓筒則二十四時動轉一週。是以此項卡紙上所記載者，即為汽鍋工作二十四時之成績。

## 二十 二氧化碳即碳酸氣之指示為何。

二氧化碳之成份即用以指示爐中之煤，是否燃燒合法。俟已卜得二氧化碳之需要之成份，然後須查考一氧化碳之成份。多量之二氧化碳成份則指出爐中有少數逾量之空氣，然不定指示燃燒完善除非逾量之空氣，不超出規定之數。爐中之氣體如含有百分之一的一氧化碳，如因不完善燃燒之故則丟失  $4\frac{1}{2}\%$  汽鍋之效果。

二氧化碳成份減低常因逾量空氣太多，或空氣與煤中之碳素混合不善之故。如因空氣供給不足，則同時必顯示多量之一氧化碳。如分析爐中之氣體與汽鍋接觸時，所含之二

氧化碳成份多於氣體離開汽鍋時所含之二氧化碳，則爐牆縫中必有漏氣之處也。

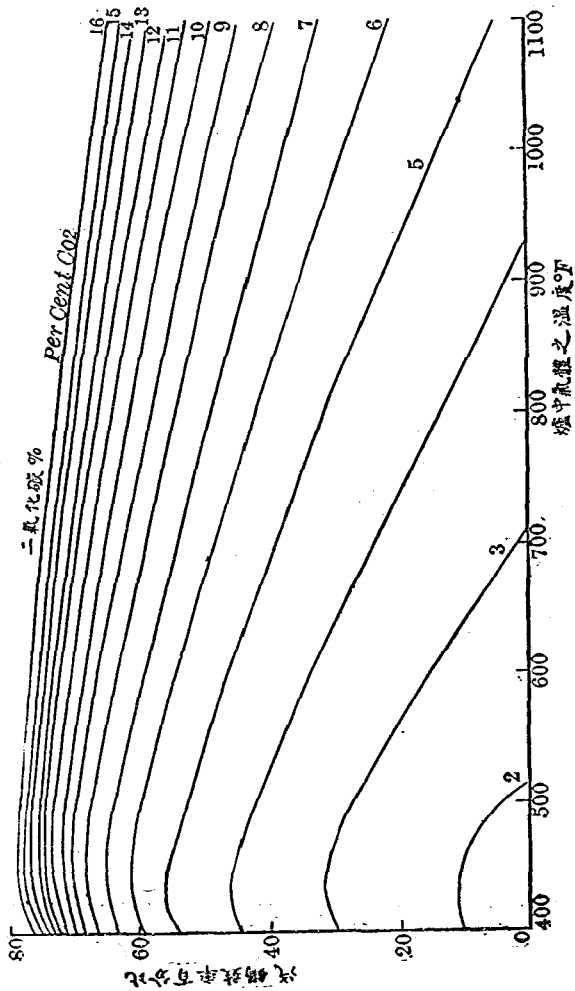
二氧化碳成份之多寡隨燃料所含之元素成份而變。如煤中所含氫 (Hydrogen) 多，則氣體中所含二氧化碳成份少，如煤中全含碳素 (Carbon) 則氣體中應含二氧化碳 21%。

二氧化碳之成份不能因減低火土之通風而加增。要知燃料與火床上之阻力及通風，均有密切之關係，一經糾正後，方可得多量之二氧化碳成份。如爐中含有無需要之逾量空氣，則丟失之燃料亦隨之而增矣。以下為因太逾量空氣之丟失。

二氧化碳 CO <sub>2</sub> %	不需要之逾量空氣 Unnecessary excess air%	燃料之損失 Fuel loss%	火之顏色 Colour of fire.
14	.....	.....	白而明亮
13	11	1	白色
12	20	2	.....
11	40	3	.....
10	60	5	.....
9	82	7	淡橘色
8	112	10	.....
7	148	13	亮紅色
6	197	17	.....
5	266	23	暗淺紅
4	370	32	.....
3	442	47	暗紅色
2	885	77	暗深紅



第十八圖表



達百分之五十七(57%)。是以管理汽鍋房者，須有適當之二氧化碳指示器以免除此項損失。

最好二氧化碳之成份須常有百分之十四以上而不超過百分十五太多。無論何時不許有超出千分之一以上的一氧化碳之成份。除爐中清火時前後，二氧化碳成份降落而清火後十五分鐘仍規復原狀。

### 二十一 一氧化碳之指示為何

造成一氧化碳之原由如下：

- (一) 爐子構造不良。
- (二) 燒火之法不合宜。
- (三) 煤之性質不合該爐之用。
- (四) 火上之通風不足。
- (五) 由火上輸入之空氣與爐中氣體混合不勻。
- (六) 爐中溫度太低致氣體不能燃燒。

一氧化碳之發生，大概由於空氣供給不足之故。或由於煤之性質。如煤易溶則煤面上被液體遮蔽，而阻塞通風之路，同時有多數逾量之空氣由他處侵入。或有溶滓在爐條上



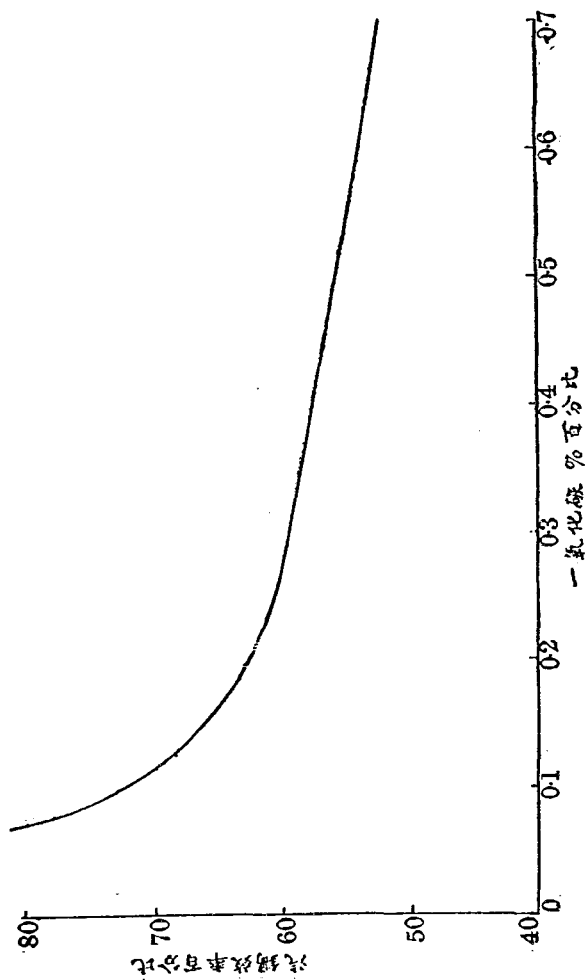
阻塞空氣，由火下輸入而火面上反有多數逾量之空氣，由爐門縫中侵入。當生煤入爐時揮發物即因熱而蒸發。此時空氣之供給似嫌不足。然煤中之揮發物全行蒸發須時僅五分鐘，所以不可因生煤加入爐中，而增加空氣之供給。否則數分鐘後，又覺空氣逾量也。

一氧化碳之發生為一危險之記號，因常時有多量之氫及碳化氫未經燃燒即隨煙而由煙囪逸出。一氧化碳本身之損失，鮮有超出煤之熱值百分之一者。然多量之揮發物或碳化氫，由煙囪中逸去者，則無法推算也。是以一氧化碳係示明不完善之燃燒。

不論二氧化碳之成份若干，一氧化碳隨時可以發生。設火太厚或不清潔，均有阻止空氣輸入之可能，而一氧化碳即因之而發生矣。如火上有孔則逾量之空氣輸入，則二氧化碳之成份降落。

以下圖表，指明汽鍋之量率，隨一氧化碳成份之增加而低落。因一氧化碳之成份加增，則有多量之發揮物未經燃燒即由煙囪逸去。管理汽鍋者必須承認一氧化碳之發生為唯一之危險記號。

第十九圖 裝



## 二十二 空氣之需要及其供給

各種之汽氣，各種之燃料及不同之燒火法，均須有極少不需要之空氣輸入。否則因空氣與爐中氣體混合不勻之故而一氧化碳因之發生。

因空氣與爐中氣體混合不勻之故，實際上空氣之需要超出理論上空氣需要之量數。如欲得完善之燃燒，則空氣之供給，必須超過理論上空氣之需要百分之四十方可。如火面平坦無厚薄之處，則由火下輸入之空氣，約計每磅煤可得七磅空氣之供給。如火面不發生孔隙，厚火能阻止逾量空氣之輸入。如火厚且不清潔，祇少數空氣能輸入，則燃煤率因之亦減低。火下之空氣輸入量數，既被阻力而減低，則火上之通風必加增，則火上之空氣輸入，由爐門或牆縫中侵入者，必超出需要之數。溶滓存在爐條上，亦能阻止火下空氣之輸入，而火上空氣之輸入者超過需要之量數。

二氧化碳之成份低落者，或因有溶滓在爐條上，此皆治火不善之故。撥火時將爐條上之灰，翻在火上，灰經高熱而融化，乃成溶滓矣。

空氣之供給，若超過需要之量數，則爐中之氣體被其滲和而多數之熱量，因而由煙囪逸去，且能發生不完善之燃燒。因空氣之侵入爐中者太多，而使爐中之溫度降低故也。故空氣之供給根據煤中所含之元素，而推算最適當也。以下之公式為推算每磅煤需要空氣之磅數，而得完善之燃燒。

$$\text{空氣需要磅數} = 11.52 C + 34.56 (H - \frac{O}{8}) + 4.32S.$$

$C, H, O$ ，與  $S$ ，為每磅煤中（除去水份及灰份後）之碳素，氫，氧及硫的成份。

例如：煤樣化驗之結果為（由接近的分析所得）：

純碳素	62.40%
揮發物	15.30%
水份	4.20%
灰份	18.10%
硫(化驗法見原素分析)	1.15%

則除去水份及灰份後，煤中所含之可燃物為：

$$100 - (18.10 + 4.20) = 77.7\%$$

炭質  $C$  = 固定炭質  $FC$  + 揮發物中之碳素 Volatile Carbon.

可燃物中所含揮發物之成份 =  $15.30 \times 100 \div 77.7 = 19.69\%$

查第一圖表則揮發物中之碳素 Volatile Carbon = 10.03%

可燃料中所含純碳素之成份 =  $62.40 \times 100 \div 77.7 = 80.31\%$

則總數碳素  $C = 80.31 + 10.03 = 90.34\%$

氫 (算法見原素分析) =  $19.69 \left( \frac{7.35}{29.69} - 0.013 \right) = 4.27\%$

氧 (算法見原素分析) = 6.30%

空氣需要磅數為：

$$11.52 \times .9034 + 34.56 \left( .0427 - \frac{.0630}{8} \right) + 4.32 \times .0115 \\ = 11.66$$

則每磅煤需供給空氣約 11.66 磅

事實因空氣與碳素混合不勻之故，欲得完善之燃燒，則空氣之供給必須照上算出之數，再增加百分之四十方可。是

以照上煤樣每磅煤須供給

$$11.66 + .40 \times 11.66 = 16.32 \text{ 磅}$$

每磅乾煤可得爐中氣體重量為

$$\frac{(4 CO_2 + O_2 + 7)(C - C_r)}{3(CO_2 + CO)}$$

$CO_2$  = 二氧化碳成份， $O_2$  = 氧之成份

$CO$  = 一氧化碳成份,  $C$  = 總數煤中碳素

$C_r$  = 灰中所含之碳素成份, (即未經燒盡之碳素)

例如: 氣體分析所得平均數如下:

二氧化碳  $CO_2 = 14.4\%$  氧  $O_2 = 4.1\%$

一氧化碳  $CO = 0.1\%$

灰之化驗所得灰中所摻雜炭質合乾煤成份  $12\% = C_r$

乾煤中所含總數碳素 =  $80\% = C$

則氣體之重量為:

$$\frac{(4 \times .144 + .041 + 7)(.80 - .12)}{3(.144 + .001)} = 12.48 \text{ 磅}$$

估計逾量空氣成份之推算:

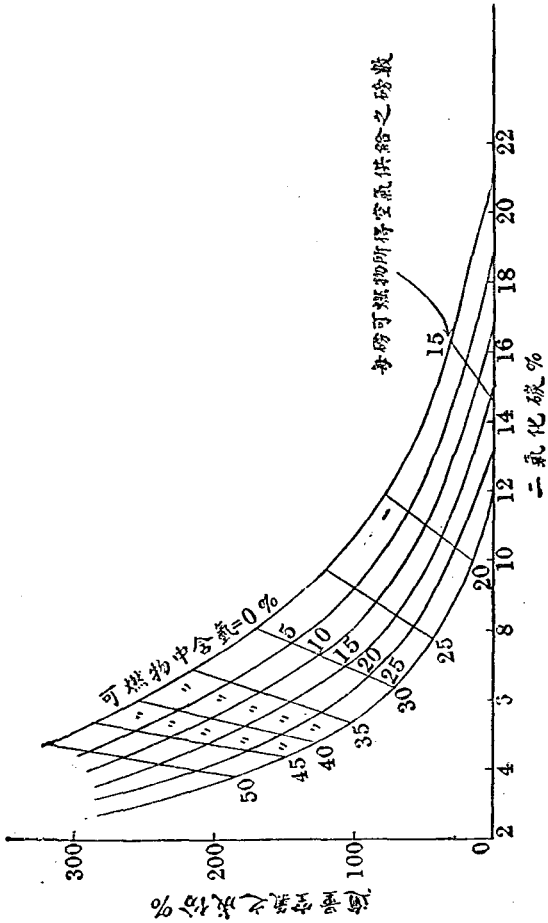
$$\text{逾量空氣}\% = \frac{(20.7 - CO_2) \times 100}{CO_2}, \quad CO_2 = \text{二氧化碳}\%$$

例如: 由氣體分析所得二氧化碳  $CO_2 = 12.2\%$

$$\text{則逾量空氣}\% = \frac{(20.7 - 12.2) \times 100}{12.2} = 69.7\%$$

逾量空氣須為  $38\%$  則無損失。如無逾量空氣則爐中之煤不能燃燒完善。若逾量空氣超過  $38\%$  則每  $12.1\%$  超出數則損失燃料百分之一(1%)。

表 二 十 二 圖



照以上算出之數：69.7% 則超出適當逾量空氣爲  
 $(69.7 - 38) = 31.7\%$ ，則燃料之損失爲  $\frac{31.7}{12.1} = 2.62\%$

爐中須有按公式推算出之空氣外另加約 38% 之逾量  
 空氣方得完善燃燒。然則最經濟的二氧化碳成份須爲：

$$(20.7 - CO_2) \times 100 = 38 CO_2, \quad \therefore CO_2 = 15\%$$

爐中氣體分析須含有二氧化碳  $CO_2 = 15\%$ ，而無一氧  
 化碳，方得最經濟之工作。

第二十圖表，指示逾量空氣成份與二氧化碳成份之關  
 係，煤中含有氫者。

空氣之供給若超出適當的逾量之數其結果如下：

- (一) 汽鍋之效率低落。
- (二) 爐中之溫度低降。
- (三) 爐中氣體之容量加增。

余前曾用兩種煤考察，一爲最高級之煤，其他爲最低級  
 之煤。大抵市上所售之煤不能越出以上兩者之間。煤之化驗  
 結果如下：

(一) 高級煤

碳素總數 83%

(二) 低級煤

碳素總數 51%

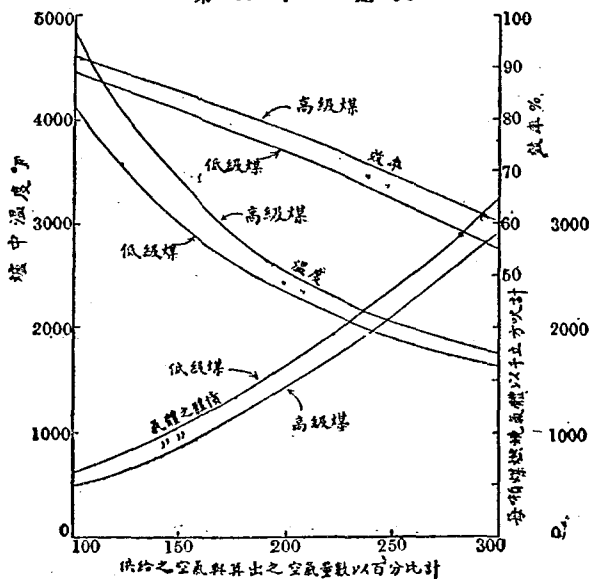


氫	4%	氫	4.5%
硫	1%	硫	2.5%
氧	4%	氧	19.0%
灰	6%	灰	9.0%
水份	2%	水份	14.0%

每磅乾煤熱值 14,230 B.T.U. 每磅乾煤熱值 10,000 B.T.U

考察所得之結果製圖表於下以備參考之用。

第二十一圖表



氣體分析，所得每磅碳素燒成氣體在爐中各部之重量如下：

- (一)在爐火上計重 8.4 磅。
- (二)在火膛後計重 17.2 磅。
- (三)在進煙囪時計重 25.2 磅。

爐牆縫中空氣漏入，較由爐門及爐條上輸入者多，因爐內及爐外氣壓相差，以致空氣由牆縫中侵入。如爐中燃料燃燒自如而無溶滓，則空氣由爐條下輸入無阻，而多量之煤得以完善燃燒，其餘多數之空氣，則由爐門輸入，若此則由牆縫中漏入之空氣極少。若煤燒結餅，或有大塊溶滓，或火太厚，則由爐條下輸入之空氣被阻而多量之空氣，必由牆縫中漏入矣。

然如火之厚簿不勻，上有孔隙，則由火下漏入多量之空氣，是較由牆縫漏入之空氣為患更烈矣。

### 二十三 阻止逾量空氣之輸入

汽鍋上凡有孔隙之處皆能引入空氣，故檢察必須慎密，方可免除逾量空氣侵入之為患。

檢察之法係用一燃點之蠟燭，照近各縫隙連接處，如遇漏氣之處，則蠟燭火苗必向內偏。如查得有漏氣之處則必須妥為補修。管理汽鍋房者，必須時常作此項之檢查，而避免無形之虧耗。

尚有一檢查汽鍋上漏空氣處法，各工廠恆採用之。其法係將爐牆外用白色粉刷，如有漏空氣之處，則縫隙處四週必聚有煤粉也。

大抵因空氣漏入爐中之損失為百分之十，即每燒煤百噸，則損失十噸。若為大規模之工廠其損失至鉅，切不可忽略也。

新建之汽鍋一經燃燒，亦常有發生漏空氣之隙縫。因汽鍋經熱後，各部發漲，致砌置處發生裂痕。

修補漏處須照下法。先將磚縫中之陳舊石灰黏土掃除清淨，再用鐵刷將磚面刷清。磚縫中接縫須用水泥(Cement)和黏土(Fire-clay)各半再加入亞摩尼水(ammonia) 俟泥中有極強之氣味方可用。若此則磚縫一經砌置之後，可以抵抗溫度之變更。兩磚接縫處須填以上之泥，使與磚面齊平。須俟其兩三日後自行乾燥。磚牆全部及鐵件均用厚漆(Heavy,

slow-drying asphaltum-base paint)油漆三道,約十日後可乾。

如汽鍋在工作之時,查得有磚縫進漏空氣,則用下法修補。用綿紗線與黏土(Firy-clay)和成薄糊,用木片將該薄糊填塞縫中。或用水泥與石綿(asbestos rope)堵塞亦佳。爐門在汽鍋工作時,必須能嚴密關閉方可,否則爐門縫中,亦有多量之空氣侵入。

汽鍋上有漏空氣之處,損失至鉅。一經發覺,必須隨即修補。否則燃料之損失,不可勝計也。

#### 二十四 煙及其避免法

顯見之煙內含有極小顆粒之碳素及柏油。因其顆粒至小,極易被爐中之氣體帶出。

大概爐中出煙含有以下之各種原因:

- (一)爐之構作不合所燒之煤類。
- (二)通風不足。
- (三)火膛之地位太小。
- (四)有木頭或紙雜入燃燒。

(五)火伏之手藝低微。

(六)汽鍋之擔負改變太速。

(七)汽鍋之擔負逾量。

煙之由來不外乎因空氣不足，空氣與爐中之氣體混合不勻，爐中溫度低小及火膛太小。

如爐牆等處無漏空氣之處，而二氧化碳之成份，為百分之十二，則爐中空氣甚多。

如爐火成白色，則溫度足高。

如空氣甚多，而發生一氧化碳，是空氣與爐中氣體混合不勻之故。

煤入爐中經熱後，其發出之氣體，須有寬大之地位，以燃燒之，否則必出煙也。

有時爐中溫度甚高，而有煙發生，則多量之未經燃燒之氣體，由煙囪中逸出而丟失矣。溫度太高，則空氣之供給不足。煙之發出，因空氣與爐中氣體未完全混合也。

下表為實地考察之結果，指出煙與一氧化碳有連帶關係。若一氧化碳之成份增加，則煙色黑而量數亦增。如爐中溫度太高，則空氣供給量少，而一氧化碳之成份因之加增，

黑煙多則熱量之丟失亦多也。

因黑煙而丟失之碳素，祇有煤中所含之炭質，約百分之一。若一氧化碳之成份增加，而多數未經燒過之氣體，由煙囪逸出，則熱量之損失，則包括煤之熱量由百分之三至百分之十。

實地考察之結果如下

考 察 次 數	37	18	51	36	17
平均煙份%	0	7.1	24.7	34.7	43.1
平均一氧化碳%	.05	.11	.14	.21	.33
平均火膛溫度 °F	2180	2215	2415	2450	2465
平均熱量丟失%	9.14	10.60	10.93	11.41	13.41

如工廠設在城市，則黑煙障天，為居民所厭惡，則須設法免除之，以下之各種措置可協助免除黑煙。

(一) 爐中每次加入之煤量數須少，次數須多，最好所加之煤每次量數相若，每小時中加煤之次數亦須相同。

(二) 空氣之供給較推算之數略加(見前)。

(三) 爐中之溫度足敷燃燒爐中之氣體。

(四) 火膛之地位足敷空氣與爐中氣體勻合。

美國礦務局曾採用芝加哥煤考察汽鍋之工作，及煙之

多寡，該煤含揮發物甚富(High Volatile)，用核桃大之塊並天然通風(Natural draft)，人工燒火而採用各種加煤法。(一)每次加煤僅爐之闊面四分之一，由爐後攤至爐前，每次循序而加，則火無厚薄不勻之處，此種加煤法謂之絲帶法(Ribbon method)。(二)用蒸煤法(Coking method)見前人工燒火法章。(三)用攤開法(Spreading method)見前人工燒火法章。其所得之結果如下：

燒火法	通風法	汽鍋效率	黑 煙	加煤相隔 時 間	每次加 煤磅數	汽鍋量 率
絲帶法	天 然	62.22%	5%	2.3 分鐘	50	106.7%
蒸煤法	天 然	60.49%	15%	7.4 分鐘	140	95.0%
攤開法	天 然	59.87%	15.8%	3.5 分鐘	70	106.5%

設計優良之汽鍋能燃燒多種煤，在固定之燃燒率內，則不生煙，燃煤率則由煤樣而核定，如超過核定之燃煤率，則汽鍋之效率減低而生煙，因火膛之容量不足使空氣與爐中氣體和勻之故也。

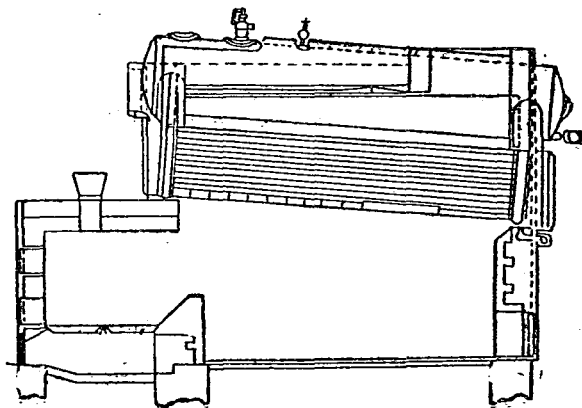
最要者為爐中空氣之供給，空氣中之氧經過火床者，量數甚少，故須由爐門引入空氣以補其不足，或由他處引入亦可。由爐前或爐後引入空氣使之與爐中氣體和勻，而燃燒完

善則煙自減少矣。

加煤後數分鐘，揮發物中之氣體因熱而蒸發，必須有空氣與之混合勻和，而得完善之燃燒。此項另加之空氣必須由火上引入，則立即與氣體混合，而得完善燃燒。因此之故則火膛之地位須敷空氣與氣體混合之處，則一氧化碳不發生，則煙亦不發生。

## 二十五 燃燒木料

燃燒木屑刨花及木片等須用特置之爐。爐為荷蘭烘箱式 (Dutch oven furnace) 其圖如下。





燃料不可直接送入爐中，可以用風吹用旋風吹入爐中。過量之空氣由爐頂逸出，而木屑與刨花墜下爐中燃燒。爐上堆積木花等太厚，則有阻止空氣由爐下輸入之故，則爐上必須有預備空氣流入之處。空氣與爐中之氣體速率須緩，否則木屑木片與灰均被帶至汽鍋管子之間矣。我國用廢棄木料以燃燒蒸汽尚未通行，故不繁述。僅載片幅於此，指明廢棄木料亦可用以燃燒蒸汽，惟此項鍋爐須特製者耳。

## 二十六 油之燃燒

欲得奏效的燃燒，則油燃料(oil fuel)引入爐中時必須為完全噴霧之狀(atomized state)。在爐中必須有準確量數之空氣與之混合，必有十足之火膛地位而使之完全燃燒。

燒火器(Burner)實係餵油器或為機械式或為噴管式(spray type)。機械式燒火器(Mechanical burner)係用一百磅至三百磅壓力使油由管口射出。此式船上皆採用之，陸地上之工廠亦有採用者。

噴管式之燒火器係用蒸汽或空氣壓力而工作。用蒸汽壓力者陸地上之工廠均採用之，因其價廉，而且容易將燒煤

之爐改爲燒油者。最須當心者即不將蒸汽耗費，噴管式之燒火器有兩種：(一)蒸汽與油在管內混合後由一孔噴出，(二)蒸汽與油分兩孔噴出而在管外混合。有時用增高壓力之空氣(Compressed air)以代蒸汽工作。

一單獨燒火器常能工作四百匹馬力之汽鍋。火苗之方向須順汽鍋管子之方向。燒火器之地位須使火苗，不與汽鍋之邊牆接觸。火膛之大小須足敷空氣與氣體勻合，在與汽鍋管子接觸以前已得完全燃燒。爐牆與爐門須能容受華氏溫度計 3000度之溫度。火膛內之磚牆上及接縫須塗刷水泥漿一層，則可容受較高之熱度矣。燒火器裝置之地位須隨汽鍋之式樣而定。如爐爲統長形，燒火器裝置於爐門處爲宜。如爐形短者則燒火器裝於爐後，而火苗向爐前射者爲宜。以上兩者空氣均須由爐條上引入。此項爐條係用火磚砌成，中留之空隙面積每汽鍋馬力爲四平方英寸。

燃料油須儲於蓄油櫃中，此項油櫃用鋼板或水泥置者均可。形狀或方或圓能裝油足敷供給一星期之用。此項蓄油櫃之地位須較汽鍋之位置低，若此則汽鍋停止工作時，油仍流回櫃中。油中能着火之氣體較空氣重。故櫃上必接有通氣

管，油櫃須隔離近火之處。

大概燃油須預先溫熱方可合燃燒汽鍋之用。其法係裝一盤香管於油櫃中，管中有蒸汽通過，使油有華氏溫度計 130 至 160 度之溫度 ( $130^{\circ}F$  to  $160^{\circ}F$ )，油則用抽機打入燒火器。

工作燃料油燒火器法，汽鍋開火時，先將通風門開啓，再將抽機開動，然後置一火把於燒火器前，再將油開放，切不可先將油開放再用火燃點，恐有時爆發也。

最要者即小心將供給之空氣較準，雖燒燃料油較燒煤易，有時因忽略於空氣供給則效果甚低也。考察空氣供給之量數已足與否，可照下法。(一)火太白亮閃耀太強則空氣太多。(二)如空氣之供給為適當之量數，則白亮之火須離燒火器口六英寸以上，白亮火苗後之火色透明，其後為紫色火，近口處則變紅色。(三)如空氣供給不足，則無紫色火，而近口之紅色火發暗，而火上有煙。如火不清潔則燒火器管口有油污。

觀察煙肉所出之煙以決定工作之合式與否，亦甚適用。如煙肉中出煙，則指明空氣之供給量數不足。極善之法則將

空氣供給加增，俟煙囪中祇稍出白氣而無煙，則不但指明空氣供給之量數適當，且指明並無逾量。用約二百五十立方英尺之空氣以供一磅油之燃燒，則二氧化碳常有百分之十三至百分之十四。

如燒火器 (Burner) 顫動可將空氣供給量數增加，或暫將油之供給關閉。通風管理最好用通風門，火膛內無通風並無漏空氣之處。

普通燃油汽鍋之效率，為百分之七十五至百分之八十五。每磅油可蒸發汽十四磅至十六磅。用油燃燒之汽鍋較燒煤汽鍋之效率大概增高百分之五，即汽鍋之量率增加時，而效率並不減低。

因燒油無灰則免去灰中含有燃料之丟失。則汽鍋之效率不論在何時間均等於  $\frac{T-t}{CO_2}$  之比例。

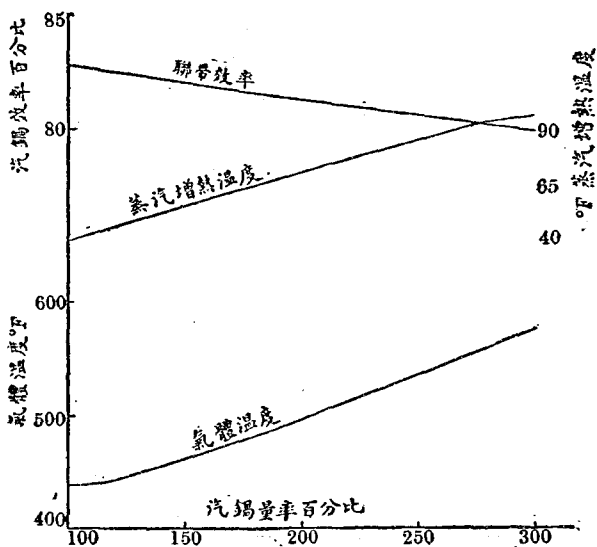
$T$  = 爐中氣體之溫度以華氏溫度計算 °F

$t$  = 汽鍋房之溫度以華氏溫度計算 °F

$CO_2$  = 二氧化碳之百分數。

以下之圖表係 665 馬力汽鍋用油燃燒工作之結果。

第二十二圖表

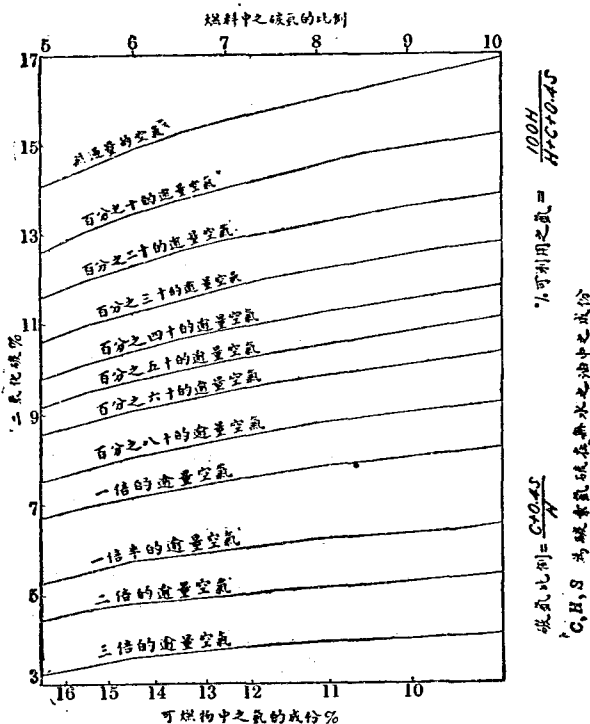


各種油樣之接近分析

油類	碳	氫	硫	氮	氧	水
輕油Light.	81%	13%	0.8%	0.3%	1%	1%
中油Medium.	85%	12%	0.8%	0.2%	1%	1%
重油Heavy.	86%	11%	0.8%	0.2%	1%	1%

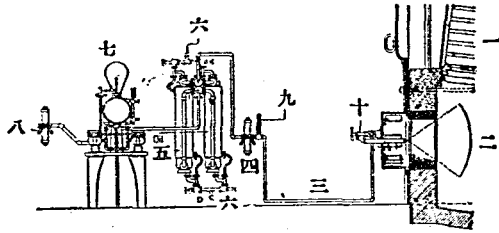
以下圖解指出二氧化碳與逾量空氣之關係。

第二十三圖表



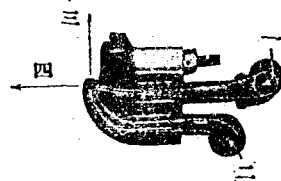
下圖為裝置機械式燃油燒火器之汽鍋。(一)汽鍋,(二)燒火器,(三)通油管,(四)瀘油器,(五)溫油器,(六)蒸汽管

(七)抽機,(八)濾油器,(九)溫度計,(十)機械式燒火器。



第一圖為高壓燃油燒火器。

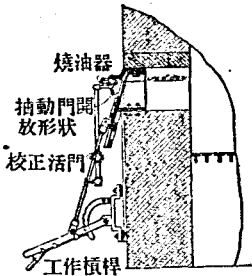
(一)加壓力之空氣,或蒸汽入口處,(二)燃料油入口處,(三)油噴出口之方向,(四)空氣或蒸汽噴出口之方向。



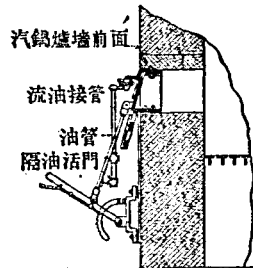
第一圖

第二圖為燒火器開啓應用時之地位。

第三圖為燒火器停止工作關閉時之地位。



第二圖



第三圖

## 二十七 氣體之燃燒

天然煤氣 (Natural gas) 如能燃燒合法可得百分之八十五以上之效率。其最要者厥為能得空氣之供給適當與天然煤氣混合勻和及完善之燃燒，則爐中之氣體與汽鍋之水管接觸時有高大之溫度。有五十尺高之煙囪即敷通風，如煙囪太高則吸入逾量空氣以致熱量損失也。

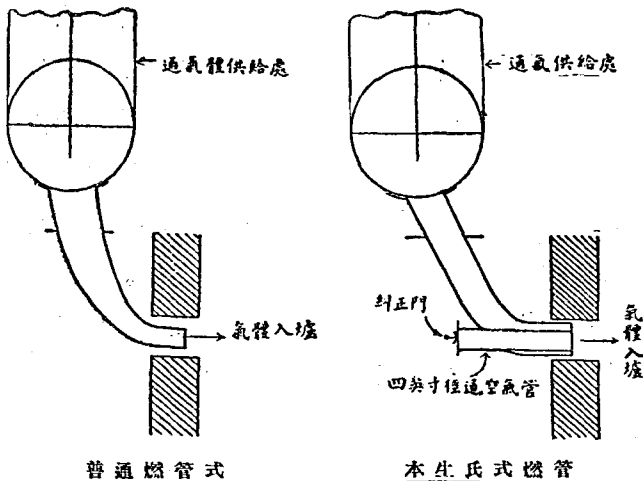
用氣體作汽鍋燃料，則爐子之容量必須較燒煤之汽鍋寬大方可使氣體與空氣混合勻和。故每汽鍋馬力 (Rated-horsepower) 須有爐子之容量二立方呎以供氣體之燃燒。此項燃燒氣體之汽鍋必須有完善糾正空氣供給之設備。若是則氣體之在不同之氣壓下均能燃燒得宜。如欲糾正空氣供給之適當，必須考察氣體燃燒時之溫度 (Flue gas temperature) 及時常分析爐中之氣體 (Flue gas analyses)。

汽鍋之裝置普通燃管者可得百分之五十效率 (Efficiency 50%)。普通燃管為一長方口的管子由氣體供給處通至爐中。此項燃管在氣體入爐時預先並無空氣混合，故空氣之供給全由爐門，灰坑及煙囪引入。尚有本生氏之氣體燃管



(Bunsen type burner)。此項燃管在氣體入爐時，已先得空氣與之混合。此項燃管下有一排六根四英寸徑口的管子，管子之口可隨意啓閉以糾正空氣輸入之量。空氣由此流入而與氣體混合，火之燃燒得法與否亦可由此管探看。用此種燃管如爐子之火膛容量寬大，小心糾正空氣之供給，則汽鍋之效率常可得百分之七十二以上。

下圖為普通式燃管及本生氏之燃管。



煉鋼爐中棄去之氣體(Waste gas from blast furnace)

亦可採用作汽鍋之燃料，其效用與天然煤氣及人造煤氣相同。惟該項氣體中常含有少數之焦煤(Coke) 小粒及石灰粉(Lime dust) 須經過濾不能有高大之汽鍋效率。因上項灰屑能積聚於汽鍋之管子上，而使吸收熱量之能力減低也。如用未濾過的此項氣體則每十二小時須清掃管子一次。燃燒氣體之汽鍋與燒油之汽鍋工作法略同。當點火時切勿可持火點之，否則爆炸傷人，其法須先在爐中燒一小煤火，俟汽鍋內略溫，然後開放氣體供給管子上之活門，使氣體入爐燃燒。

美國各大製鋼廠均用煉鋼爐中廢棄之氣體，以燃燒汽鍋。燃管大都採用本生氏式者，汽鍋恆為 B & W 水管式。用機器通風者居多。氣體壓力之參差由二吋至八吋水，空氣供給之參差在氣體混合處，由一寸至一寸半水，煙囪通風約十分之一吋水，平均汽鍋之效率為百分之六十八。

英國各大製鋼廠採用鋼爐中氣體燃燒汽鍋之工作，略與美國不同。汽鍋亦採用 B & W 水管式，不過汽鍋之馬力須與煉鋼爐之大小成一定的比例。如煉鋼爐之出貨量為一百噸，則汽鍋之受熱面積須約二千二百方呎可用 (Heating Surface = 2,200 Square feet)。合之以格林恩氏之經濟

熱器(Green economizers)有一千二百平方呎之受熱面積。煉鋼爐中氣體之溫度約由華氏溫度計 800 度至 1000 度，不用過濾直接輸入汽鍋及經濟熱器。爐中須無漏空氣處。燃管爲圓錐式。空氣之供給恆由爐門輸入。平均煉鋼一噸所出之氣體能蒸發一千磅蒸汽，此數約等於煉鋼廠須用蒸汽量數十分之四。此項組織製鋼廠中可節省汽鍋房開支（較全用煤者）百分之五十。

## 二十八 細煤粉之燃燒

細煤粉用以燃燒汽鍋之功效，雖經過三十餘年之研究對於燃燒煤粉之法及屯積細煤粉，涼乾及運輸之計劃，均有相當之進步。目下採用細煤粉燃燒汽鍋之廠家尙不見增多，其問題厥爲汽鍋構作之設計及其管理之不易也。

燃燒極細煤粉而管理得法，則優點頗多。(一)能用各級煤以供汽鍋最高擔負之需。(二)出灰簡易而無清火之繁。(三)燃燒之煤末並不包含有水份。(四)減低逾量空氣之侵入，無煙囪帶去熱量之損失。(五)百分之九十八分的燃料可完全燒盡。

用細煤粉燃燒鍋爐常可得百分之八十五以上汽鍋之效率，雖配製此項細煤粉稍加費用，統計工廠之經濟較用上等燒煤機器者 (Stokers) 增多。大概燃燒此項細煤粉結果與燃燒油與氣體相同。除以上之各優點外，所須考慮者惟配製此項細煤粉所用器具之價值，此種器具必須裝置兩具以備不虞。涼乾乾中水份需值亦多。用煤粉燃燒之汽鍋必須有寬大的火膛。

含有多量揮發物 (Volatile Matter) 之煤最合於配製此種細煤粉之用，因其易燃也。煤類之能配製細粉而得最好之效果者，須含有百分之三十至百分之四十的揮發物，灰份不及百分之十，純碳素 (Fixed Carbon) 百分之四十至百分之五十，硫不過百分之四。

煤中所含水份有以下之害處。(一)減少配製細粉的磨子之能力。(二)屯積時使煤粉結餅。(三)燃燒時減低應有之溫度。(四)降落汽鍋之效率。(五)增加自行燃燒之危險。故已配製成之煤粉不許含有超出一千份之五的水份。是以煤粉製成後須收乾後方可用也。

配製此項細粉，須用機器將煤磨研為極細粉，再經細篩

篩過，則煤粉能漂流空氣中而不下沉。煤粉粗細之標準如下，百分之八十五須經過二百孔篩（200-Mesh Screen），其餘百分之十五須能經過一百孔篩（100-Mesh Screen）。

配製細煤粉機器（Pulverizing Machinery）市上出售者計分兩種：（一）空氣分開機，（二）過篩機。兩種機器之構不同其結果則無異。如用機器磨子，磨煤成細粉再過細篩亦可。總之每噸煤磨成標準細粉之價，不可超出大洋五角。

屯積細煤粉須十分小心，煤中不可摻夾有易燃之物，因極細之煤粉着火即燃也。潮濕之細煤粉更不可屯積過久，即乾透之細粉，亦不可屯積過九十六小時。如工廠有因事故暫停數日，如廠中有此項煤粉存在，每日必須使人將煤鏟開另堆一次。工人搬運此項煤粉時，切不可吸煙因空氣中恐有此項極細煤粉其性質與煤氣相同着火即燃也。

倘有新創之磨細煤粉機器，可直接裝置於汽鍋之爐子上，即將平常之煤塊等加入機器，即可由其磨成細粉並由其和以適量之空氣，再由其吹入爐中可得完善燃燒。是則免却磨篩，涼乾及屯積，並搬運入爐等手續。然此項新式機器創造之完善尚須有待。前經考察用此項機器，而所得汽鍋之效率

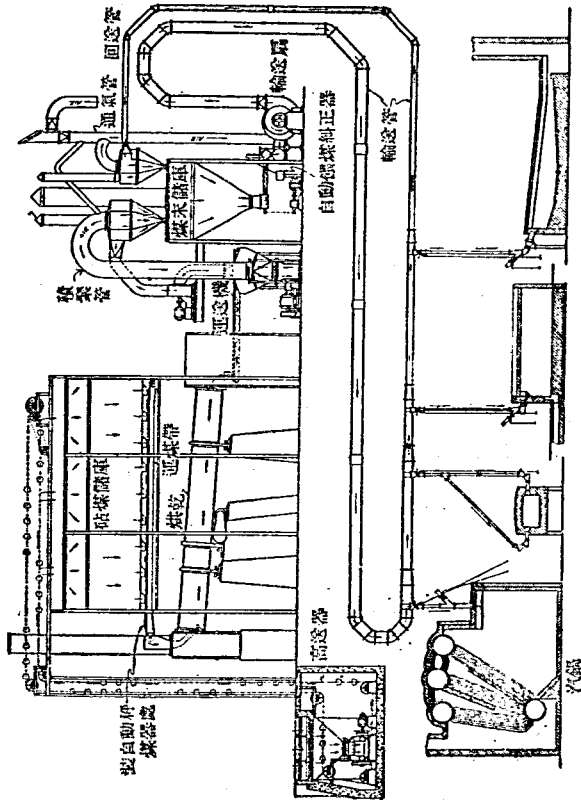
祇百分之六十四，而所須之動力以行動此項機器似亦較費。

燃燒細煤粉之燃燒器(Burner)可分三種。第一種將煤加入煤斗。其下為管理餵煤機關，煤粉則在此處由天然風吹入爐中。第二種完全機械餵煤。第三種煤粉，由機器吹入爐中。各工程專家對於最適當之煤粉燃燒器之式意見紛歧。以余之實驗所得，則煤粉用空氣吹入爐中之燃燒器，而吹入煤粉，所用空氣之容量內含氧之成份適足完善燃燒，所吹入之煤末，其結果為最佳。此項燃燒器對於吹入煤粉之量數，均有機關糾正，故空氣之量數及速率亦得從而糾正也。

最要者燒此項細煤粉之爐子(Furnace)之構作必須能抵當華氏 2000 度的溫度 ( $2000^{\circ}F$ )。火膛 (Combustion space) 須寬大，每立方呎之地位祇供每小時燒三磅煤粉，燃燒器裝置之地位須離爐牆遠。煤粉入爐之壓力須低能使煤粉飄揚為度。着火處須近燃燒器之口。每次吹入之煤粉至多重三兩。火膛之前後及兩邊，均有空氣糾正門，通風門須校對準確，約有通風百分之十至百分之十五吋之水。此項通風有三十呎至三十五呎高之煙囪即可得到。爐中須有十分之三至十分之六吋水之通風壓力。爐中須裝有清除煙灰

吹管，並有地位使灰可存在火之範圍以外。

以下為磨煤粉處起至將煤粉運送入各種爐子中燃燒之全圖。



右圖爲路伯爾各氏之燃燒煤粉器。

燃燒細煤粉之工廠須謹守以下各規則以避免危險。

(一)此項工廠中之工作須交與對於各種設備熟悉而有經驗之人管理。

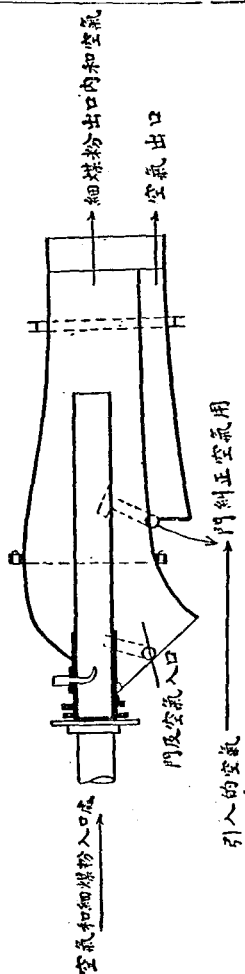
(二)配製細煤粉之機器房外須標明不許吃煙及攜火入內或經過，並須小心不使細煤粉漏出。

(三)所用之煤箱，磨煤粉機，烘乾器及運輸器均須完全不漏。

(四)裝煤末器內，不許有木頭。

(五)房內須保清潔，內無細煤粉塵積爲患。

(六)塵垢須用帚掃不可用風吹。





(七)房內裝設之電燈須極堅固，隨時須小心不可碰碎電燈，或使電燈靠近煤粉上。

(八)火柴，洋燈或其他易着火物不許攜帶入內。

(九)烘乾器中之出氣不得超過華氏 400 度  $400^{\circ}F$ 。

(十)燃點烘乾器時祇用木數片不摻他物。

(十一)由一只裝煤末器換裝入他只裝煤器時，不可用空氣吹入。

(十二)停止工作時須將一應煤粉均由磨煤機內及收乾器內餵入汽鍋燃燒。

(十三)如屯積煤粉處着火，即用水由入口處灌入而任水和煤由出口處流出。

(十四)如裝煤器內着火可將其連接於爐之火腔餵入爐中燃燒如恆狀。

燃燒煤粉法如下：

(一)通煙囪之風門必須暢開。

(二)混合細煤粉之空氣管必須開足。

(三)在空氣關閉以前，餵煤粉入爐之機關須完全關閉。

(四)細煤粉運至蓄煤斗時須有百分之八十二，已經過

200 孔篩而所含之水不過百分之一。

(五)所有輪軸轉動處須時時上油。

(六)在點汽鍋爐中之火以前，將風門開啓使有十分之一寸水之通風，離燃燒器約一尺之地位處，掛一塊浸油的棉紗。

(七)吹入煤粉機器之速度必先校正，由餵煤粉處至燃燒器須有六寸水(6 inches of water) 空氣壓力。

(八)先開動一個餵煤器，速度約每分鐘二十五公轉。俟煤燒着，爐火旺時，再開動第二個餵煤機器，速度與第一個相等，即每分鐘 25 公轉。

(九)餵煤機器之速度須逐漸增加，校正空氣之輸入及糾正通煙囪之風門，俟汽鍋之量率增至所需之擔負為止。用兩個餵煤機器，速率須相等。

(十)汽鍋工作時，所須注意者，為保守汽鍋之水面，使爐中不積灰，必要時須清潔燃燒器口並空氣入口處。

(十一)每十二時，汽鍋之受熱面積必用蒸汽吹淨一次。

(十二)關閉爐火時，先停餵煤機器，將通空氣門及通煙囪之風門完全關閉。如此可保守汽鍋之熱度，並爐牆不致為

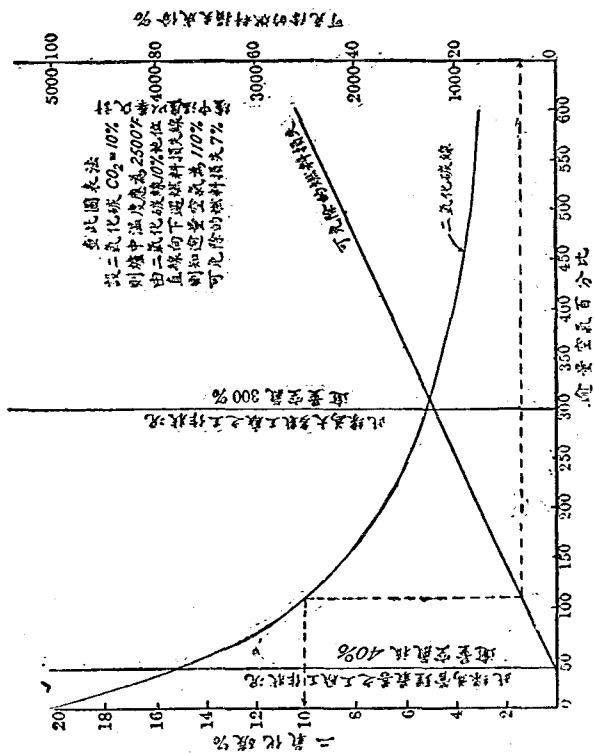
冷風侵入而發生裂痕。

### 二十九 爐中之溫度

爐中之溫度高則燃燒迅速。在較高之溫度下，則煤中所蒸發出之氣體在經過爐中各部之時，已得完全燒盡，減少不需要之逾量空氣入爐，則爐中氣體之溫度自然增高，而二氧化碳之成份亦必隨之而增多矣。按理論而言，若爐中氣體之溫度增高，則熱量之由煙囪中逸出者亦多。實際上爐中氣體之溫度增高，則由煙囪中逸出之氣體量數少，而熱量之損失亦減小矣。然欲減少不需要之逾量空氣輸入爐中，必須根據二氧化碳之成份而定。實際上百分之十五二氧化碳成份為最經濟。超出此數常發生空氣供給不足之流弊，一氧化碳亦因而發生，是則爐中之溫度雖高，而損失之熱量亦增矣。茲製以下圖表，關於二氧化碳成份，爐中溫度，逾量空氣及燃料之損失，互相對照以備參考焉。

度量爐中之溫度為最難之一事。用熱電偶，不能度量太高的溫度，因接連之綫及金屬管將被熱而損壞。惟有一種光測高溫計最為合用。此項儀器係依據光之原理而製，量爐中

圖四十二



之溫度準確且易。如購此種儀器內附有極詳細之說明書，故不多贅也。

有時以人之目力察看火色，亦可估計其溫度之高低，下表為各色火之溫度頗便於採用也。

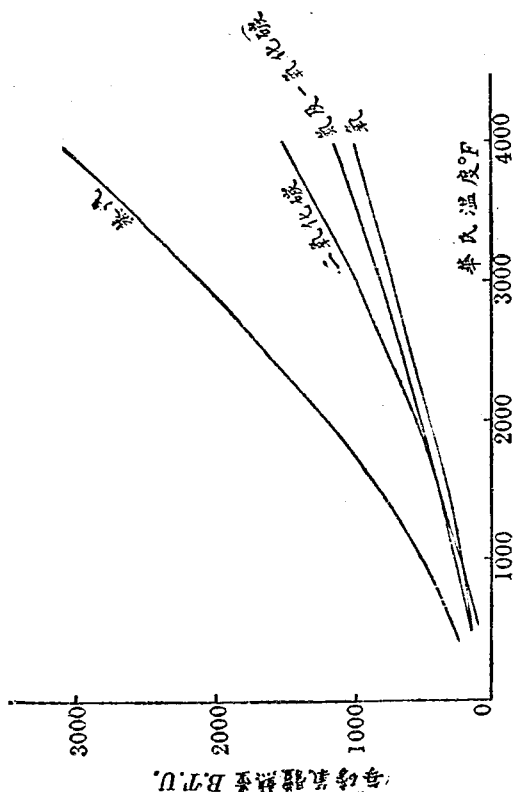
爐中火之顏色	華氏溫度計 $^{\circ}F$
深紅色，血之紅色	1,050 度
深櫻桃紅色	1,175 度
櫻桃紅色	1,375 度
亮紅色	1,550 度
橘紅色	1,650 度
淡橘紅色	1,725 度
黃色	1,825 度
淺黃色	1,975 度
白色	2,200 度

以下之圖表可用以決算爐中可得最高之溫度。此項決算係根據煤之原素分析及爐中氣體之分析。第二十五圖表係指示每磅氣體之熱量按照溫度計算。

茲舉下例以解釋用圖表之法：

設氣體分析所得： 二氧化碳( $CO_2$ )=11%，  
 氧( $O_2$ )=0.3%，氮( $N_2$ )=88.5%，一氧化炭( $CO$ )=0.2%，

圖 15 第二



煤之原素分析所得：碳素(Carbon)=82.88%，  
 氫(Hydrogen)=4.13%，氧(Oxygen)=2.61%，

氮(Nitrogen) = 1.38%, 硫(Sulphur) = 1.51%,

灰(Ash) = 7.49%, 以上除去水份計算。

$$\begin{aligned} \text{逾量空氣} &= \frac{(20.7 - CO_2)}{CO_2} \times 100 \quad (\text{見空氣之需要章}) \\ &= \frac{20.7 - 11}{11} \times 100 = 88.2\% \end{aligned}$$

爐中溫度圖解綫根據燃燒每磅以上之煤，所得之氣體算出。爐中氣體之重量，從每磅煤發出者，則按氣體分析，所得各種氣體之成份以各分子的重量乘之即得。

按二氧化碳( $CO_2$ ) = 11.0%

則分子的重量 =  $12 + (2 \times 16) = 44$ 。

則二氧化碳重量 =  $\frac{11}{100} \times 44 = 4.84$  磅，其他若氧，一氧

化碳及氮算法與上同。茲將各氣體重量列下。

氣體(Gas)	成 分 % by Vol.	分 子 重 量 Molecular Wt.	相對重量 Relative Weight	重 份 % by Wt.
二氧化碳 $CO_2$	11.0	$12 + (2 \times 16) = 44$	4.840	16.25
氧 $O_2$	0.3	$2 \times 16 = 32$	.096	.32
一氧化碳 $CO$	0.2	$12 + 16 = 28$	.056	.19
氮 $N_2$	88.5	$2 \times 14 = 28$	24.780	83.24
總數 Total	100.0		29.772	100.00

重份 = 重量 ÷ 總數重量

每磅煤燃燒後所成之氣體照下公式計算：

$$\text{每磅煤所得空氣供給之磅數} = 3.036 P \left( \frac{N_2}{CO_2 + CO} \right)$$

$P$  = 燒了的碳素 Carbon burnt = 煤中所含的碳素減去煤灰中所含的未燒了之碳素。 $CO_2$  = 氣體分析所得二氧化碳成份， $CO$  = 氣體分析所得一氧化碳成份， $N_2$  = 氣體內所含之氮 =  $(100 - CO_2\% - CO\% - O_2)$ 。

設灰中所含有百分之五，為未得完全燃燒之煤，其中有百份之二十五為灰，則灰中所含未燒了之碳素為

$$\frac{5}{100} \times \frac{25}{100} = 0.0125 \text{ 磅}, P = \frac{82.88}{100} - 0.0125 = 0.8163 \text{ 磅}。$$

$$\begin{aligned} \text{空氣供給每磅煤之量數} &= 3.036 \times 0.8163 \left( \frac{88.5}{11.0 + 0.2} \right) \\ &= 19.57 \text{ 磅}。 \end{aligned}$$

灰中所含之煤既為百分之五，則百分之九十五的煤，則成氣體，然則每磅煤燃燒後，得氣體之量數為

$$19.57 + 0.95 = 20.52 \text{ 磅}。$$

每磅煤燃燒後爐中氣體之總數熱量(設溫度為 $4000^\circ F$ )所得之數如下：



氣體(Gas)	重份比例 Proportion by Wt.	熱量*在 4000°F Thermal Cap. at 4000°F (查第二十五圖表)	總熱量 Total thermal Cay.
二氧化碳 CO <sub>2</sub>	0.1625	1515	246.18
氧 O <sub>2</sub>	0.0032	1010	3.23
一氧化碳 CO	0.0019	1150	2.07
氮 N <sub>2</sub>	0.8324	1150	957.95

總數熱量 = 重份比例 × 熱量(由二十五圖表中查出者)。

每磅爐中氣體之總熱量 = ( 246.18 + 3.23 + 2.07 + 957.95 ) = 1209.43 *B. T. U.* 每磅煤得氣體之熱量 = 20.52 × 1209.43 = 24,817 *B. T. U.* (查二十六圖表)。氣體燃燒之熱量在其他之溫度(如 3000°F 或 2000°F)查二十五圖表後計算與上同。

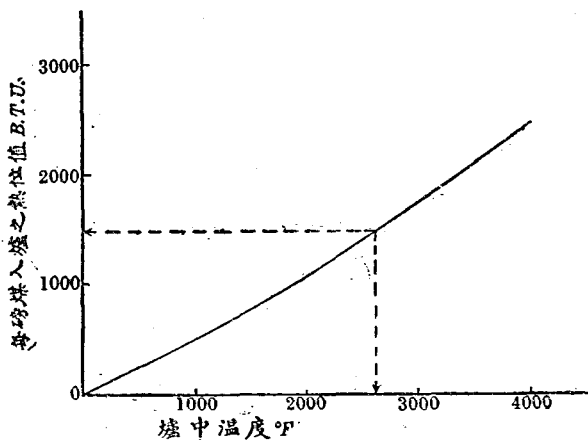
每磅煤入爐燃燒，入爐之熱量則等於每磅煤中所含之熱值再加熱值包含於空氣量數中。按上例算出完全燒煤一磅須供給空氣 19.57 磅。設如空氣之溫度為華氏七十度 70°F。則空氣中所含之熱量為 19.57 × ( 70 - 32 ) × 0.24 = 178 *B. T. U.* (0.24 = 平常溫度的空氣之比熱 Specific heat)。

每磅煤入爐總數熱量(Total potential heat entering furnace per pound of coal) = 14659 + 178 = 14837 *B. T. U.*

查二十六圖表入爐之總熱爲 14837 B. T. U. 爐中溫度爲 2605° F 惟此爐中之溫度尙須減去火上輻射之數 (Radiation) 按下式計算。

$$H = \left[ \left( \frac{T_1}{1000} \right)^4 - \left( \frac{T}{1000} \right)^4 \right] RC \frac{G}{W}$$

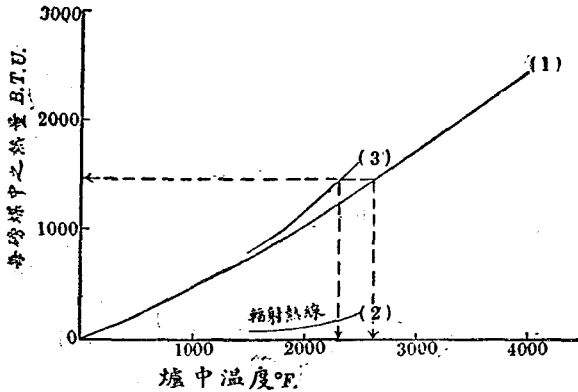
第 二 十 六 圖 表



$H$  = 每小時每磅煤之輻射 (Heat radiated per hour per pound of coal burned)。

$T_1$  = 實際爐中之絕對溫度按華氏溫度計加上 460° (True temperature absolute °F.)

第二十七圖表



$T_2$  = 汽鍋管子之絕對溫度按華氏溫度計加上  $460^\circ$  (Boiler tube temperature absolute  $^\circ F.$ )

$R$  = 由爐中輻射於汽鍋管上之分數 (Fraction of heat radiated from the grate which falls on the relatively cool boiler tubes)

$C$  = 輻射之常數 (Radiation constant) 常以 1600 計算

$G$  = 爐面面積平方呎 (Square foot of grate surface)。

$W$  = 每小時燒煤之磅數 (Pounds of coal burned per

hour)

茲舉下例以指明以上公式之用法。

設爐之面積  $G = 50$  sq. ft. (平方呎)。每小時燒煤  $W = 1250$  磅。蒸汽壓力計 (Boiler pressure gauge) 指示 175 磅。查蒸汽表溫度  $T_2 = 375^\circ F$ 。  $R$  最平均數為 50%。如爐中溫度作  $2000^\circ F$  算則按以上公式。

$$H = \left[ \left( \frac{2000 + 460}{1000} \right)^4 - \left( \frac{375 + 460}{1000} \right)^4 \right] \times .50 \times 1600 \times \frac{50}{1250} = 1030 \text{ B. T. U.}$$

用各種不同之爐中溫度以計算  $H$  所得之數即第二十七圖表上所畫之輻射線 (2) 第二十七圖表上之 (1) 線即第二十六圖表上之線。第 (3) 線為 (1) 線與 (2) 線之數加。

查第二十七圖表，每磅入爐煤之總熱為 14837 B. T. U. 在 (1) 線上下垂得爐中溫度  $2605^\circ F$  (未除去輻射) 遇在 (3) 線下垂得爐中溫度  $2330^\circ F$  (已除去輻射) 是為爐中準確之溫度。

## 第三章 熱量之吸收(Heat Absorption)

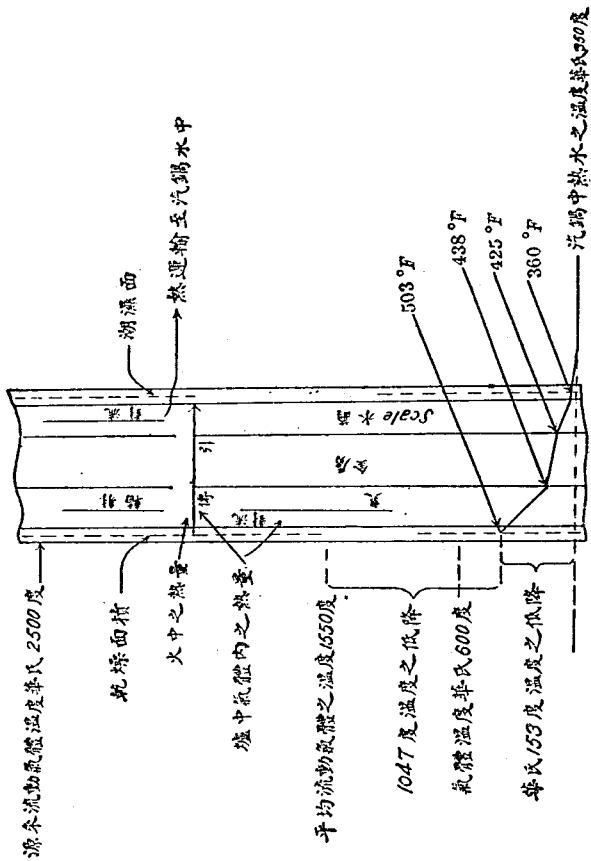
### 一 熱量之傳送 (Heat transmission)

熱量由火中傳送於汽鍋之水內必由以下之三樣行徑。有一部份之熱量直接由白熾之火床上輻射於汽鍋之管子及鋼板上，此項熱量不混入於爐中之氣體，但此項熱量之傳送量數增高如火床與汽鍋之間有真空。

有一部份之熱量含藏於爐中之氣體內而由對流運輸於汽鍋之受熱面上，汽鍋之吸收熱量面積因爐中氣體之行動而得甚熱之氣體流動其上。氣體中之熱量然後經逐部之傳導而入汽鍋之水中。

以下之圖指明熱量輸入汽鍋時，經過汽鍋之鋼板(Boiler plate)及離開時之溫度。

受熱面之乾燥面 (The dry surface of the heating plate) 即汽鍋上鋼板之外面。當氣體流動時將熱量運輸於



鋼板及管子外面爲止。如鋼板上及管子上積有煙灰則熱量僅運輸於煙灰之外面上爲止。

受熱面之潮濕面 (The wet surface of the heating plate) 卽汽鍋鋼板及管子之裏面。當熱量由鋼板外及管子外由傳導而達內部如管子內或汽鍋內有水鹼 (scales) 則傳導能力低減。熱量既傳導至內部則由水之流動而得再運送於水之全部。

上圖指示熱量進入汽鍋鋼板及管子並離開之行徑。

## 二 由傳導所傳送之熱量 (Heat transmission by Conduction)

熱量之傳送經過一平方呎之鋼板面積(於每小時)則於傳導性有密切之關係。並關於汽鍋之乾燥受熱面及潮濕受熱面兩邊溫度之相差計算如下。

$$H = \frac{C}{D}(t_1 - t)$$

$H$  = 每小時傳送於每平方呎面積之鋼板上之熱量以  $B.T.U.$  計算

$C$  = 在汽鍋之鋼板乾燥及潮濕兩面間之傳導係數以一

英寸厚之物質在每平方呎上每小時及每一華氏溫度相差爲單位以 *B. T. U.* 計算

$D$  = 兩面間之距離以英寸計

$t_1$  = 汽鍋鋼板乾燥一面之溫度以華氏表計 (Temperature of the dry surface in  $^{\circ}F$ )

$t$  = 汽鍋鋼板潮濕一面之溫度以華氏溫度計算

下表爲各種物質上熱之傳導係數 (Coefficient of Conductivity):

鋁	$C=1394$ at $64^{\circ}F$
紫銅	$C=2666$ at $64^{\circ}F$
鑄鐵	$C=314$ at $64^{\circ}F$
熟鐵	$C=418$ at $64^{\circ}F$
軟鋼	$O=322$
硬鋼	$C=180$
水	$C=4.16$ at $68^{\circ}F$
火磚	$C=7.0$ at $1300^{\circ}F$
空氣	$C=0.165$ at $32^{\circ}F$
氫	$C=0.98$ at $60^{\circ}F$



真空  $C=0$

各種物質上熱之傳導係數(Coefficient of Conductivity)是隨溫度之高低而更變。雖按理論而言則固體物上熱之傳導係數為常數。實驗上如溫度加增則多數之固體物質上熱之傳導係數減小。

鐵在華氏溫度計上之溫度 400 度時則熱之傳導係數  $C = 408$ 。是以一英寸厚之鋼板兩面若保守溫度相差為華氏溫度計  $1^\circ F$ ，則每平方呎之爐面於每小時能傳送熱量 408 B. T. U. 普通汽鍋之構造則以每十平方呎受熱面為一馬力則每平方呎之受熱面上於每小時所受傳送之熱量為  $(34.5 \times 970.4) \div 10 = 3,350$  B. T. U. (英國熱量單位)。

汽鍋之管子平均英寸一分厚 ( $\frac{1}{10}$  inch thick) 是則能經過較經過一英寸厚同樣物質約十倍的熱量即等於  $10 \times 408 = 4080$  B. T. U. per hour。以此數之熱量由管子外面經過入管子內祇須  $3350 \div 4080 = 0.82^\circ F$  溫度之相差。實際上管子內外兩面溫度相差甚大。管子本身之阻熱力甚微，實因管子內常有水鹼 scale 存留而管子外又包有煙灰均能阻礙熱量之傳送。即經小心管理及善為保守之汽鍋，亦常有水鹼

與真能發生熱量傳送之阻礙約十倍於管子之本身。若是則管子內外兩面溫度之相差須爲華氏溫度計9.02度。實際上工作時汽鍋之鋼板及管子內外兩面溫度之相差更大。不清潔之汽鍋及管子燒煤亦因此費矣。是以欲增汽鍋之量率必須加高爐中溫度及燃煤率。

### 三 由對流傳送之熱量

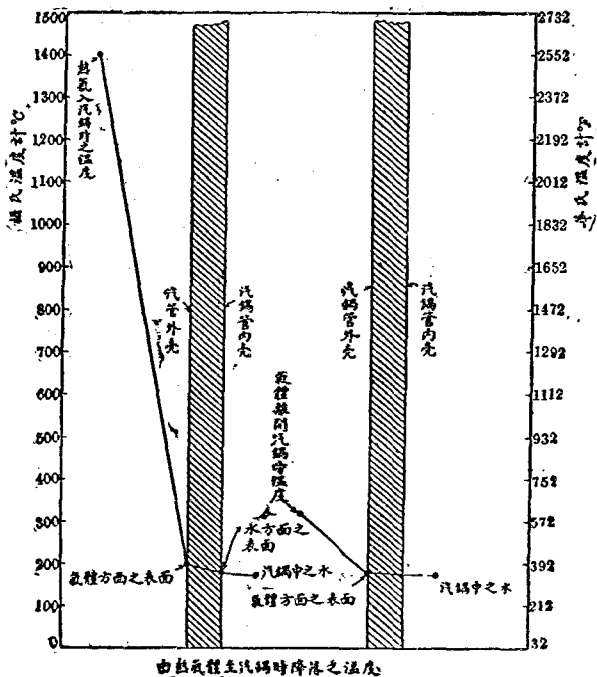
第三章第一節之圖上指明由流動之熱氣體運輸熱量於汽鍋之水中時，在兩者間平均溫度之降落而原來之溫度爲氏溫度計 2500 度。此等平均溫度降落之數與實地工作時所華得者略同。

第二十八圖表係實地工作時所查驗由爐中之流動高熱氣體運輸熱量於汽鍋之水中時，在兩者間平均溫度之相差數。茲用攝氏溫度計與華氏溫度計對照製成，以備參考之用。在汽鍋中阻礙運送熱量之處係在流動之高熱氣體與汽鍋之外殼及汽鍋管子外殼之間。在汽鍋之內部，水爲能包容最多熱量之液體加以包括多量之潛熱於蒸汽中，如汽鍋中之水流通順利則隨能吸收多數之熱量。故在此地點溫度之降落

恆小，熱量之由輻射及對流 (Convection) 從汽鍋外殼上乾燥一面而達入內部之步驟似稍慢也。

第二十八圖表上顯出溫度之降落，由熱氣入汽鍋之水

第二十八圖表



中在兩個地點上，所查相差之數均極平整。惟爐中氣體至於與汽鍋外殼及管子外殼接觸時溫度之降落甚大。蓋在此間熱之運輸步驟較緩也。故由外殼至汽鍋中之水內時則溫度之降落甚微。

現代汽鍋之工作大部份之熱量全由對流(Convection)而佈送於汽鍋之受熱面上(Heating surface)。

以下之公式用以計算由對流(Convection)及傳導(conduction)而運送於汽鍋受熱面上之熱量數。

$$H = (a + bw)(T - t)$$

$H$  = 每小時在每平方呎面積之受熱面上，所得由對流及傳導而傳遞來之熱量。(Heat units transferred by conduction and convection per unit of tube surface per unit of time)

$T$  = 流體平均之溫度(Mean temperature of the fluid)

$t$  = 汽鍋管子外殼上溫度 (Temperature of the tube wall)

$a$  = 常數與傳導係數比(Constant, proportional to conductivity)

$b$  = 常數與比熱比 (Const proportional to spec. heat)

$w$  = 流體重量經過每方呎之溝槽 (Mass flow per unit area of the channel)

$(a+bw)$  = 熱量之運送值 (Transferrate) 氣體之運送值約由  $2 B. T. U.$  至  $12 B. T. U.$  水之運送值約由  $400 B. T. U.$  至  $3000 B. T. U.$  運送值者即每小時每平方呎面積上由每華氏溫度一度相差, 所受之熱量。 $(a+bw)$  之數常以  $(R)$  代之以其簡也。其平均之數當詳說於第四節總數熱量之傳遞章內。

由輻射傳送之熱量, 在兩個平行面間 (Two parallel planes) 每小時每平方呎之面積上, 淨得由輻射傳送之熱量數為  $H B. T. U.$

$$H = 1600 \left[ \left( \frac{T}{1000} \right)^4 - \left( \frac{t}{1000} \right)^4 \right]$$

$T$  = 較熱物體之絕對溫度華氏溫度計加  $460^\circ$  (Temperature of hotter body in absolute  $^\circ F = ^\circ F + 460^\circ$ )

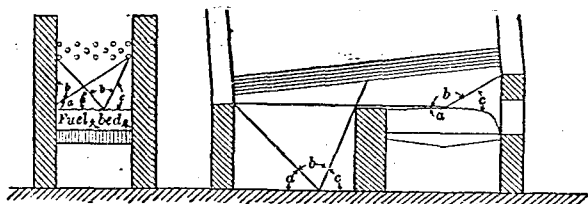
$t$  = 較冷物體之絕對溫度華氏溫度計加  $460^\circ$  (Temperature of the colder body in absolute  $^\circ F = ^\circ F + 460^\circ$ ).

事實上汽鍋爐中火床上 (Fire bed) 及爐牆上輻射於汽

鍋之管子上之熱量數計算，不能若兩平行面間所受之輻射熱量。然以相當之儀器度量溫度，則汽鍋管子上所吸收之輻射熱量與用以上公式計算者固無甚相差也。

火車上之汽鍋爐子中熱量輻射之計算比較簡單。其高熱之方面是火床，較冷之方面為管殼，頂板及火床兩傍之鋼板，其餘暴露之部則為爐門，汽鍋所受輻射之熱量隨火床之面積而增減，並不依汽鍋之受熱面之大小而增減也。

外燃式汽鍋（指火在管子外燃而水在管內流通者）有時亦名水管汽鍋，此項汽鍋中之輻射熱量之計算較為複雜，設以火床上與爐牆上之溫度相等，則火床與爐牆是為熱面，則熱面輻射熱量於汽鍋之冷面上外，同時亦輻射熱量於其他之熱面上。



上圖係水管汽鍋，熱面之暴露於汽鍋之一部份，係一立

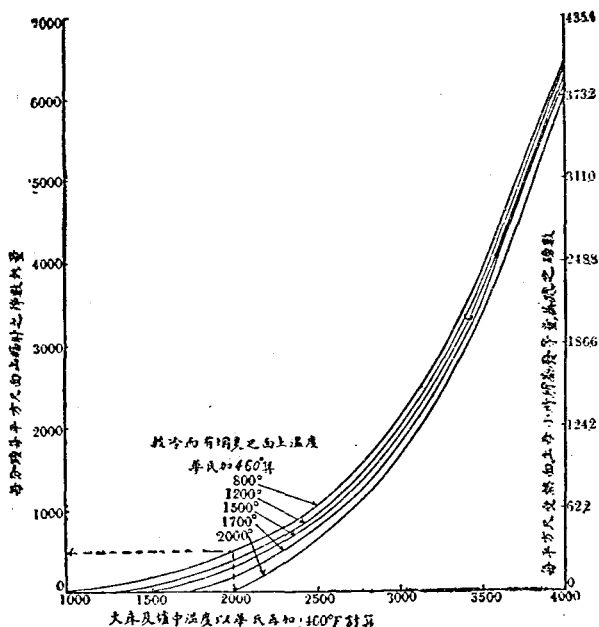
體角度  $b$  (solid angle  $b$ ), 益暴露於其餘熱面本身, 經過立體角度  $a$  與  $c$ . 故計算由火床上, 輻射於汽鍋管子上之熱量, 淨數祇  $\frac{b}{180}$  ( $b$  = 上圖中  $b$  角之度數). 其餘之熱量輻射於兩邊之爐牆上者則為  $\frac{a}{180}$  及  $\frac{c}{180}$  ( $a$  與  $c$  = 角之度數). 例如按以上公式算出, 每平方呎之受熱面上, 每小時淨得之熱量數 (由輻射) = 18,000 *B. T. U.* 則汽鍋管子所得之熱量則等於  $18000 \times \frac{b}{180}$  ( $b$  之角度不難度量也).

輻射之熱量係隨爐中之溫度而增, 爐中溫度愈高加增愈速. 第二十九圖表指明爐中溫度, 由輻射而分送於汽鍋管子上之淨數熱量互相對照. 汽鍋管子之溫度為常數. 查表法: 例如爐中溫度為 2000 度華氏絕對溫度 (即用溫度計所量爐中之溫度為 1540 度再加 460 度 = 2,000 度 *a.l.s.*), 汽鍋管子用溫度計所量之溫度為  $340^{\circ}F$  再加  $460^{\circ}F$  則等於 800 度華氏絕對溫度. 查圖表由爐中溫度 2000 度華氏絕對溫度起直上至汽鍋管子溫度 800 度, 華氏絕對溫度曲線, 由此橫數, 則得每分鐘每平方呎, 所得輻射之熱量為 500 *B.T.U.* 若在其他之溫度下, 可在此五條曲線間推算, 所得之數亦較確實, 並免卻各種複雜公式之計算. 故第二十九圖表有實用

之價值也。

### 第二十九圖表

此表係相對之熱管爐中溫度及其傳熱數列照



各工程師之意見，雖稍有歧異，然爐中輻射於汽鍋管上熱量之計算，至為複雜，按以上兩算於實際較為準確為大眾所承認也。



## 四 總數熱量之傳遞

由火床上傳遞至汽鍋水中之總數熱量，則用以下之公式計算之。

$$SR(T-t) = Wc(T_1 - T_2)$$

$T_1$  = 爐中氣體之溫度在氣管熱之一頭 (Temperature of the gas at the hot end of the conduit)。

$T_2$  = 爐中氣體之溫度在氣管冷之一頭 (Temperature of the gas at the cold end of the conduit)。

$T$  = 爐中氣體之平均溫度 (Mean temperature of the gases =  $\frac{T_1 + T_2}{2}$ )。

$t$  = 水管殼外平均之溫度 (Mean temperature of the wall)。

$S$  = 面積以平方呎計 (Surface in square feet)。

$W$  = 每小時流通氣體之磅數 (Weight of flow of gases in pound per hour)。

$C$  = 氣體之比熱 (Specific heat of gas)。

$R$  =  $(a + bw)$  見上章。

熱量之運送值 ( $R = \text{transfer rate}$ ) 經過常時之實地上考察則得以下之公式：

$$R = 2.1 + 0.000626 [1 + 0.000575 (T - t) - 0.0000000866 (T - t)^2] W。$$

$W =$  每小時在每平方呎管口，流通之氣體磅數 (The weight of gas in pound per square foot of tube sectional area per hour)。  $T$  與  $t$  代名如前。

按此實驗所得之公式包括各種溫度之氣體與管子，以之計算熱量之運送值可無謬誤也。

若氣體流動之方向與管成正角則  $R = 2 + 0.0014W$

若氣體流動之速度甚高則熱量之運送值與之成正比例。熱氣與冷管子相遇之量數多寡不改變每平方呎冷面所得熱之度數。如氣體流動之速度甚低則熱值之運送稍須變更。汽鍋工作在百分量率時 (即 100% rating) 則每小時每平方尺通氣道內流通過之氣體約 1000 磅，則熱量之運送值  $R = 3.4$ 。按公式計算  $R = (a + bw)$ 。然則  $a = 2$  而  $b = .0014$ 。是以汽鍋工作之量率加增，則爐中氣體之溫度亦增，氣體之量數與熱量之運送值亦均隨之而增也。汽鍋之設計即根據以

上之運送值而計算汽鍋受熱面積 (Heating surface) 之平方呎數再從之以計算爐之面積。本書祇限管理汽鍋房法立論，故對於汽鍋之設計不多贅述也。

倍爾氏計算熱量運送值 (Transfer Rate) 之公式，有時亦採用之或與用上式算出之數比較，其公式如下：

$$R = 50 + 467 \left( 1 - \frac{.133}{d} \right) V.$$

$R$  = 熱量運送值 (Transfer rate)。

$d$  = 水管之徑口以英寸計。

$V$  = 管內水之速度每秒鐘以英尺計 (ft. per second)。

以下之圖表係從考察汽鍋所得之結果製成。指出氣體由火上起流通至十八尺長之通氣道時，各部之溫度，每小時氣體流通過之量數由 94 至 313 磅。

茲將依據以上公式算出之數列表於下以備採用之便。

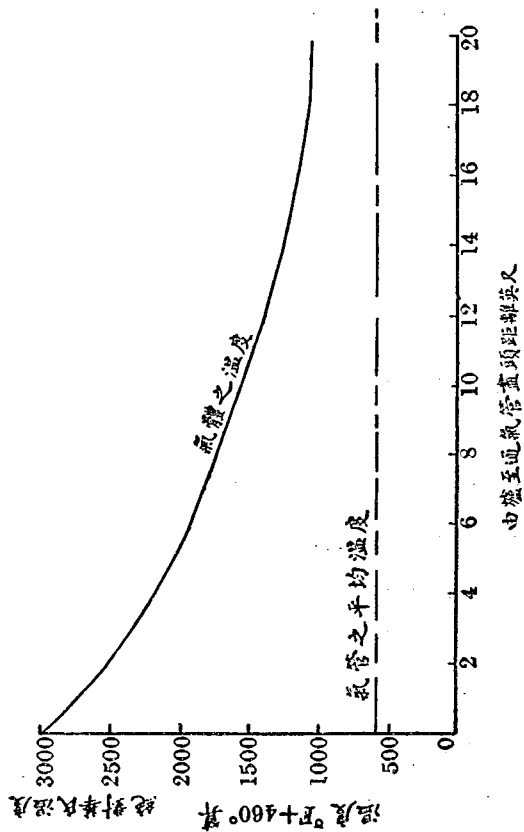
爐氣之溫度以  $2000^{\circ} F$  計

水管之溫度以  $380^{\circ} F$  (即蒸汽壓力計 180 lbs. gauge)

管子以五英尺長計。

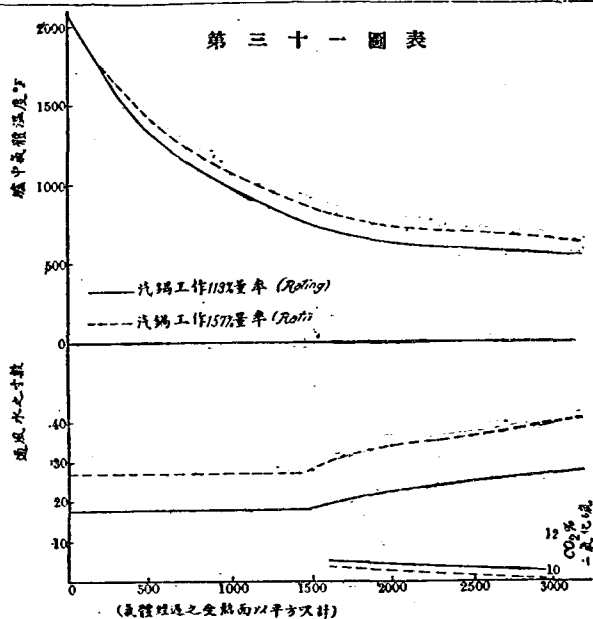
以上較為普通之事實。

第十圖



每小時汽經過每 根管子的磅數 lbs. gas per tube perhour	100	200	400	800	1000
氣管口徑 flue diameter	最後之溫度 °F. final gas temperature °F.				
½ 吋	600	650	750	760	825
1 吋	870	960	1040	1125	1210
2 吋	1080	1190	1300	1390	1475
4 吋	1205	1340	1455	1560	1655
8 吋	1240	1390	1545	1660	1745
氣管口徑 flue diameter	每磅氣體運送之熱值 B.T.U. transferred.				
½ 吋	452	438	422	406	387
1 吋	374	348	324	296	270
2 吋	310	276	240	210	184
4 吋	272	228	170	154	120
8 吋	260	210	160	120	85

第三十一圖表係考察一(350 馬力)火管汽鍋之結果。考察時間為二十四小時。用鏈子式燒煤機器，汽鍋殼鋼板厚 ½ 英寸，外包石綿厚 2 英寸，二氧化碳(CO<sub>2</sub>)在二十四小時



內相差為 0.85%。

以下之圖表係考察一火車汽鍋所得之結果。

所燃煤中包含之原素如下：

(一)近似的分析：

水份	Moisture	2.14%
揮發物	Volatile matter	30.02%
純碳素	Fixed carbon	58.81%

灰份 Ash	9.03%
(二)原素的分析:	
硫磺 Sulphur	1.17%
氫 Hydrogen	5.03%
碳 Carbon	76.33%
氮 Nitrogen	1.56%
氧 Oxygen	6.88%

每磅熱值 Heating value per lb. 13,662 *B. T. U.*

火車汽鍋之呎吋如下:

爐之面積 Grate surface 70 平方呎, 火箱體積 Fire box volume. 311 立方呎, 受熱面 Fire box heating surface. 232 平方呎, 火管及蒸汽增熱器之面積 Heating surface of flue and superheater 5,280 平方呎。

燃煤率 Rate of combustion 由每小時 30 磅至 140 磅。

火箱中溫度 Fire box temperature.

由  $1900^{\circ}F$  升至  $2240^{\circ}F$ .

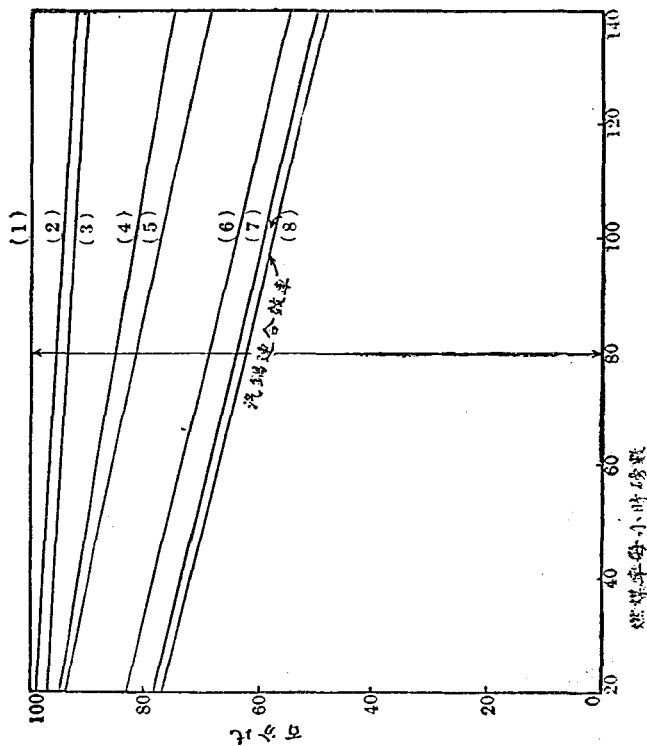
煙箱中溫度 Smoke-box temperature.

由  $520^{\circ}F$  升至  $580^{\circ}F$ .

每磅煤得空氣之供給降落至十磅。

有煙氣遮蔽之火箱面上，所受之熱量，幾全由火床上及爐牆上輻射來之熱。

茲 川 十 一 圖 茲





汽鍋之連合效率 (Overall boiler efficiency) 及各部之熱量丟失見第三十二圖表。

輻射於火箱板上之熱量數 (Heat radiated to fire box sheet) 見第三十三圖表。

第三十四圖表指明爐中氣體之溫度及空氣供給量數之變更。

今觀第三十二圖表：

第一線與第二線之間為因有熱量向外輻射之丟失；

第二線與第三線之間為因灰中帶有未經燃盡之煤之丟失；

第三線與第四線之間為火花與燃灰中丟失之熱量；

第四線與第五線之間為因發生一氧化碳而丟失之熱量；

第五線與第六線之間為由煙囪帶出氣體中熱量之丟失；

第六線與第七線之間因煤中含氫之損失；

第七線與第八線之間為煤中含水份之損失。

查圖表法，(一)算出燃煤率，(二)算出汽鍋連合效率。

設算出之燃煤率為 80 磅而效率得 62.5%。

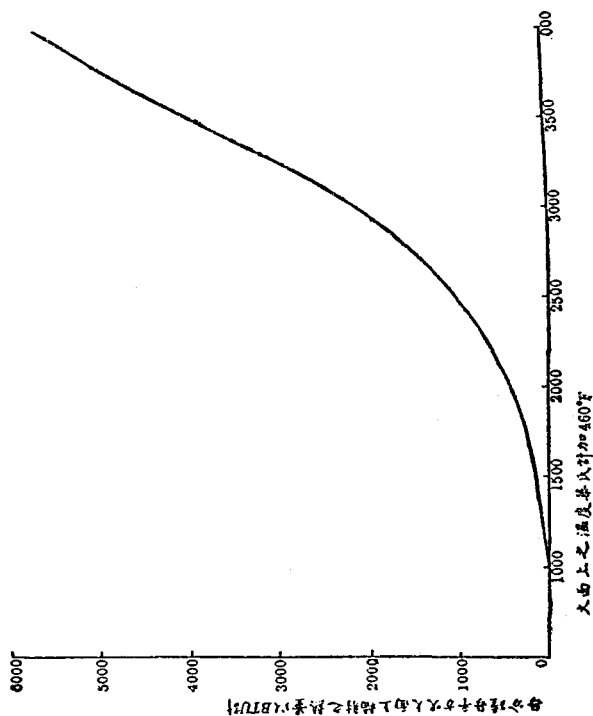
則因水份之丟失為 1.5%。因煤中含氫之丟失為 5.0%。

由煙囪逸去之熱量損失為 12.5%。

因一氧化碳丢失 3.5%。

由火花與燃灰帶去熱量之損失為 8.5%。

鐵川十川圖燃



因灰中有未燃煤之損失為 2.0%。

因熱量向外輻射之損失為 4.5%。

總計每磅煤所含之熱值被汽鍋吸收者為 62.5%。

照所用煤熱值為 13,662 *B. T. U.* 則被吸收者為

$$0.625 \times 13,662 = 8,538.75 \quad B. T. U.$$

各部丟失之熱值總計如下：

$$(1.5 + 5.0 + 12.5 + 3.5 + 8.5 + 2.0 + 4.5) = 37.5\%$$

由各部丟失之熱值為 37.5% of 13,662

$$= 0.375 \times 13,662 = 5,123.25$$

第三十五圖表為輻射於火箱板上之熱量係根據以下之

公式計算 
$$H = \frac{(T^4 - t^4) \times 2.66}{100,000,000,000}$$

$H$  = 每分鐘每平方英尺之火面輻射出之熱量 *B. T. U.*

$T$  = 火上之溫度以華氏溫度計加  $460^\circ F$  計算

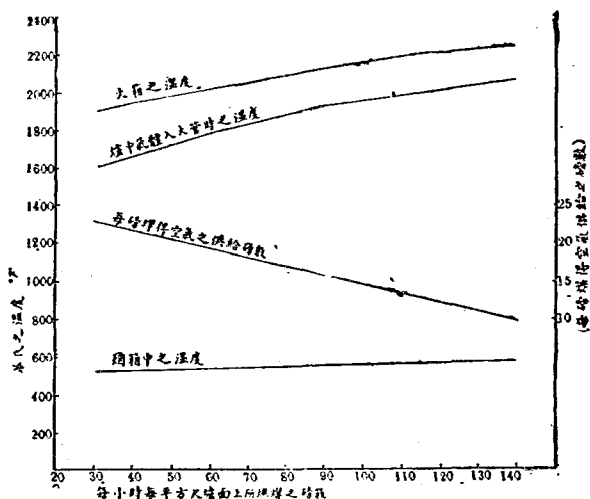
$t$  = 火箱板上之溫度以華氏溫度計加  $460^\circ F$  計算

第三十五圖表中  $t$  為  $440^\circ F$  加  $460^\circ F = 900^\circ F$  華氏絕對溫度。

第三十四圖表，係汽鍋各部之溫度，與每小時每平方呎之爐面上所燃煤之磅數，（即燃煤率）及空氣供給之量數。當

空氣供給之量數減至十磅時，則火箱上所受熱量全由火面上之輻射。

第三十四圖表

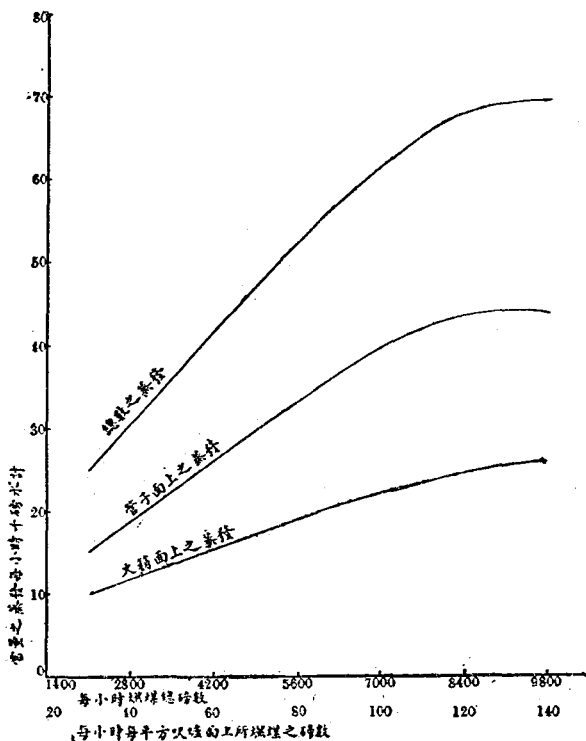


第三十五圖表，係當量之蒸發蒸汽磅數 (Equivalent evaporation) 與燃煤率對照。當量之蒸發即由華氏表溫度  $212^{\circ}F$  之水蒸發為  $212^{\circ}F$  之蒸汽而有與空氣之平常壓力 (14.7 pounds per square inch)。此項蒸汽每磅所含之熱量僅 970.4 B. T. U. 與實際上蒸發之蒸汽每磅中所含之熱

量相比。

例如實際上每磅蒸汽所含之熱量為 1142.8 B. T. U.

第三十五圖表



則當量之蒸發為 $(1142.8 \div 970.4) = 1,1778$ 磅弱

第三十五圖表係根據考察時所得之結果製成。火箱上之蒸發約得總數之蒸發百分之三十七至百分之四十。當燃煤率至最大數時，則二百三十二平方尺之火箱受熱面上，因溫度高及火箱內水力充足，每小時每平方尺之受熱面上，可得輻射熱量 102,400 *B. T. U.*

第三十八圖表，係由考察尋常直接燃燒之汽鍋，以考察八十次之結果平均數製成。圖中指示在各種蒸發率下 (*Different rates of evaporation in boilers*)，煙囪中氣體之溫度與蒸汽之溫度相差數。此圖表用以計算汽鍋受熱面之大小使煙囪氣體之溫度與蒸汽之溫度相差與預計者同。雖煙囪中氣體之溫度，與蒸汽溫度之相差度數，須隨以下各項變更。

- (1) 隔板之裝置 (*Method of baffling*)
- (2) 氣體之速率 (*Velocity of gases*)
- (3) 管外灰與管內水鹼之多寡 (*Soot, ash and scale on tubes*)
- (4) 空氣之洩漏 (*Air leakage*)

(5) 汽鍋受熱面受輻射熱量之多寡 (The amount of boiler surface exposed to direct radiation)。

由此圖表推算未能十分準確，然相差極微，以之為實地參考最簡便也。

茲舉例如下：設預計爐中氣體之溫度（按入煙突時之溫度）與蒸汽溫度之相差，須不過華氏 40 度 ( $40^{\circ}F$ ) 每小時蒸汽之需要為 15,000 磅，則汽鍋之受熱面積應為若干平方呎。

查第三十六圖表，爐中氣體溫度與蒸汽溫度相差，為華氏 40 度，則每平方英尺之受熱面積 (Heating surface) 上每小時可發蒸汽 2 磅。

汽鍋受熱面積須為  $(15,000 \div 2) = 7,500$  平方英尺。

普通汽鍋之設計，均以每十平方英尺之受熱面積上，每小時能蒸發當量的蒸汽 (Equivalent evaporation) 三十四磅半，是則每十平方英尺之受熱面積，即等於一氣鍋原量的馬力 (One rated boiler horse-power)。

每平方英尺之受熱面積上，所蒸發蒸汽之磅數，係隨爐中之溫度而增。爐中之溫度高則燃煤率亦增。氣體入煙突時





汽鍋上之直線定律(Straight line law for boilers):

欲搜尋汽鍋中之所吸收之熱量與燃料中所發出之熱量兩相比例數，必須分清實在的與顯象的熱量發生 (Real and apparent heat generation)。實在發生的熱量，係以每小時所燒煤之磅數減去未經燃燒而漏入灰坑中之煤的磅數，再用每磅煤之熱值乘之而得。所得之數中再減去在爐中所丟失之熱值。例如一氧化碳及煤中，含氫及水與由氣體帶出煙突之熱值，總數丟失之熱量，約在百分之二十。從各種汽鍋用各種燃料考察之結果所得，則實在的發出之熱量，與被汽鍋吸收之熱量比例成一直線 (見三十七圖表)。圖表中除第五線外其他各線，均不由零字起點，因汽鍋之構作各異則常數 (constants) 亦互異也。以下為查圖表法。

例如：供給每小時，每平方尺受熱面上，吸收之熱量為

5,000 *B. T. U.*

第一線之汽鍋吸收之熱量實數為 4,850 *B. T. U.*

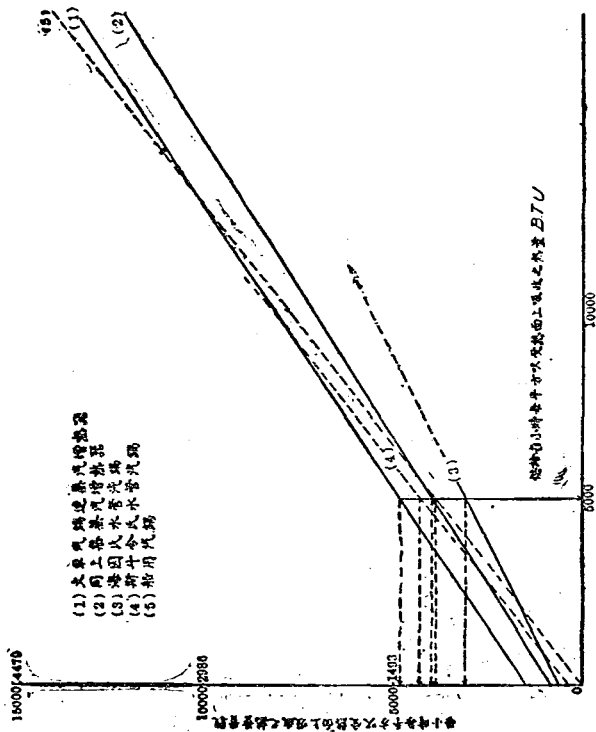
第二線之汽鍋吸收之熱量實數為 4,000 *B. T. U.*

第三線之汽鍋吸收之熱量實數為 3,130 *B. T. U.*

第四線之汽鍋吸收之熱量實數為 4,800 *B. T. U.*

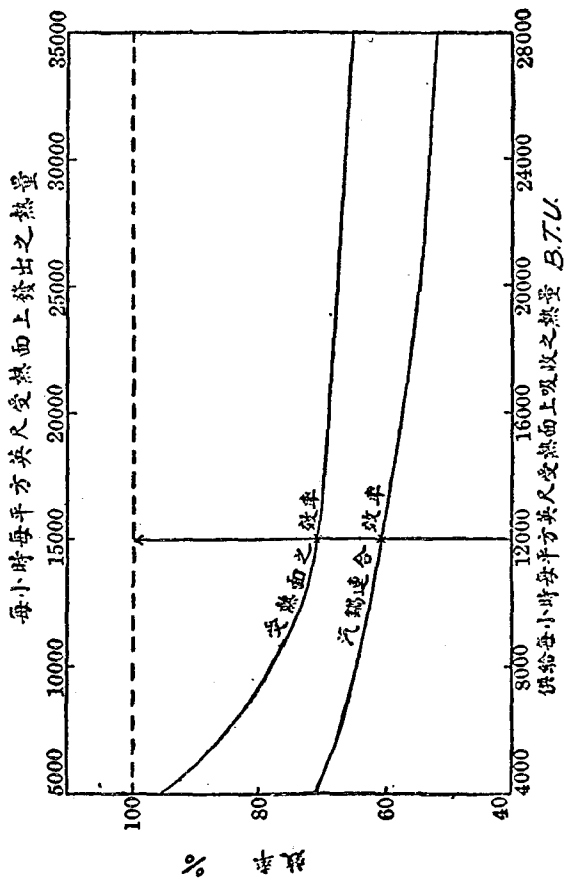
第五線之汽鍋吸收之熱量實數為 3,900 B. T. U.

第三十七圖表



茲再將第五線，船用汽鍋考察之結果，另製第三十八圖表，將其逐部分析以備在實地工作者作參考之用。受熱面之

第三十八圖表



效率(Heating surface efficiency)在實地工作之範圍中爲一直線，發出之熱量增加，則直線稍垂落。通氣管之效率(Efficiency of the flue part)是不依賴熱量供給之值。是以效率之參差，或因火箱收受由反射之熱量也。在受熱面之效率曲線以上之地位代表每磅燃料中之熱值，丟失於通氣管中者(Flue loss per pound of fuel)，再以每磅燃料中之熱值，被汽鍋所吸收者除之，在汽鍋連合效率曲線及受熱面效率曲線之地位代表爐中及牆縫丟失之熱量。

查表法：設供給每小時每平方尺受熱面上之熱量，爲一萬二千熱量(12,000 B. T. U.)，由此畫一直線向上，則汽鍋連合效率爲61%弱，受熱面之效率爲71%，在此兩曲線間之地位，係爐中及牆縫間之熱量丟失爲10%強，在受熱面效率線以上之地位爲燃料中熱值之丟失爲29%。

### 五 經濟器，空氣熱器及蒸汽加熱器

大多數之經濟器構製，均以涼水由底下進入管子內，而由頂上流出。爐中氣體走入經濟器 Economizer 之途徑與器中之管子成一正角(Right angle)。以下之公式恆採用以決

算經濟器之受熱面積。

$$S = \frac{WC}{R} \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{(T - t)}$$

$T_1$  = 爐中氣體入經濟器時之溫度。

$T_2$  = 爐中氣體出經濟器時之溫度。

$T$  = 氣體之平均溫度 =  $\frac{T_1 + T_2}{2}$

$t$  = 經濟器管子外殼之溫度。

$S$  = 經濟器受熱面之面積以平方英尺算。

$W$  = 每小時爐中氣體經過經濟器之量數以磅計。

$C$  = 氣體之比熱數。

$R$  = 每小時每平方呎面，每華氏一度溫度相差之傳熱率，恆用  $(2 + 0.014 W)$  計算， $R$  之較準確數須依據每秒鐘氣體經過經濟器之量數及其平均溫度（詳後）。

如氣體經過經濟器溫度降至甚低，則多數之熱量。已被吸收，則經濟之奏效是偉矣。欲得良好之效率，則經濟器內每格 (section) 的管子必須連接成排 (series)，使氣體與水之進入成對流式 (counter current)。此項經濟器受熱面積之推算當照下式：

$$S = \frac{WC}{R} \left[ \frac{t_1 - t_2}{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_1)} \right] \log_e \left( \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2} \right)$$

$W, C, R, T_1, T_2$  與上用之代數同。

$t_1$  = 水之溫度在經濟器較熱之一頭。

$t_2$  = 水之溫度在經濟器較冷之一頭。

$R$  傳熱率 (Transfer rate) 之數係照勾白生氏 (Gibson) 之圖表計算。該圖表係考查二百次，各種標準的經濟器後，以所得之平均結果製成。傳熱率  $R$  係隨氣體之流入量 (Rate of gas flow) 及入經濟器內之氣體溫度而變換。氣體之流入量，即每秒鐘氣體經過經濟器之磅數，以器內管子之長除之。

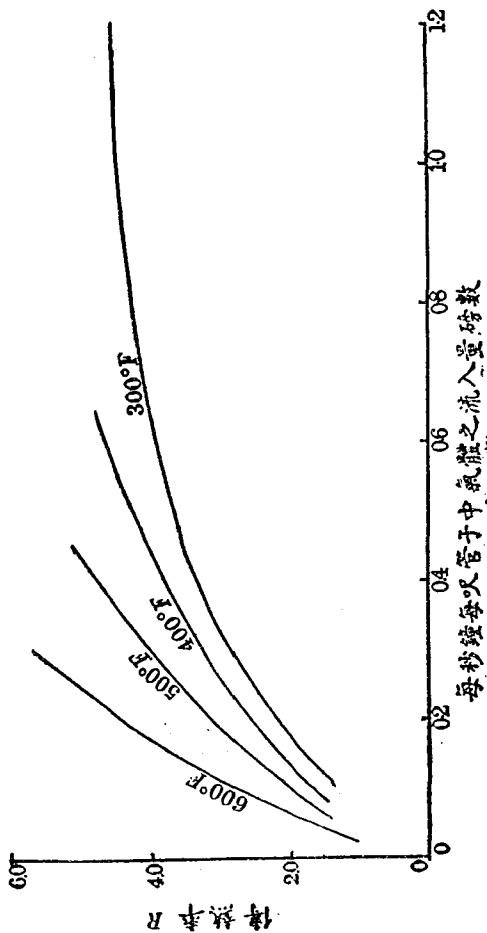
例如每秒鐘有氣體 40 磅，經過經濟器之一格 (section) 每一格有 10 英尺長管子十根。

照上例管子共長  $10 \times 10 = 100$  英尺，經濟器每格得氣體之流入量  $40 \div 100 = 0.4$  磅/每尺。

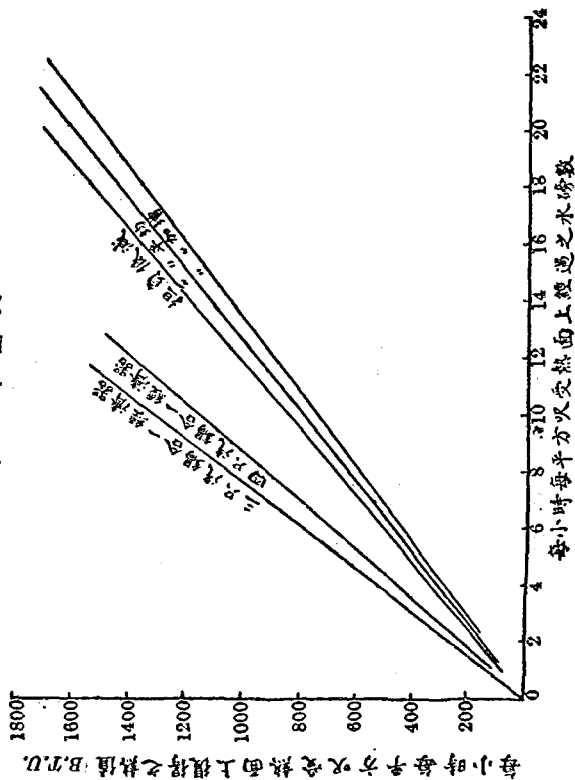
汽鍋上直線定律，亦合用於經濟器。因經濟器內所復得之熱量與汽鍋工作之量率 (Boiler rating) 適成一正比例。

第三十九圖表，及第四十圖表即勾白生氏 考查經濟器之結果。

第三十九圖表



第四十圖表



按經濟器係裝置於汽鍋及煙突之間，使爐中之氣體經過經濟器後方由煙囪逸出。是則氣體中多數之熱量，均傳遞於經濟器內之水中。此項熱水再餵入汽鍋，是亦節省燃料



之一法。惟欲氣體經過經濟器必須用電扇吸取。管子上之煙灰亦必用電機刮除。有時所用之電力甚費，而所經濟之熱量甚微，而購買及裝置經濟器及其附屬機均須費用。嗣後之保守及修理等費用，總計是否合算，在實地工作者須經仔細考慮之後方可決定也。

採用由煙囪逸出氣體中之熱量，以溫熱須供給汽鍋爐子的空氣之溫度，則用一種空氣加熱器 (air heater)，在輪船上早經廣為採用，惟在陸地上之工廠，採用此項空氣加熱器者尚在少數。將供給爐中之空氣預先溫熱，則爐中燃燒之溫度加增，而由輻射熱 (radiation from the fuel bed) 及傳導熱與對流運熱 (conduction and convection from flue gases) 致被汽鍋吸收之熱量亦增。因由煙囪逸出之熱量減低則汽鍋之效率 (overall efficiency) 亦升高也。用低級煤為燃料極能奏效。若用高級煤為燃料及燃煤率增高，有時或因灰融化而成溶滓，困難由是發生。如用之於火管汽鍋則無此種困難，因其受熱面係包括火管之四週，有時灰坑中且有水也。故空氣加熱器之採用僅有一二種火管汽鍋燃燒低級煤者可獲得實益。美國有數家工廠採用空氣加熱器，汽鍋

爲蘭開希亞雙大管式 (Lancashire boiler)，裝有燒煤機器 (Mechanical stoker)，燃燒低級煤，而所得汽鍋之效率 (overall efficiency) 爲 81% 以上，供給爐中之空氣預先溫熱至華氏三百四十度  $340^{\circ}F$ 。

現代之工廠採用汽鍋輪 (Steam turbine) 爲發動機則必須用加熱溫度之蒸汽 (Super-heated steam)，以增加此項發動機之效率。需用加熱溫度蒸汽，則必須裝置蒸汽加熱器 (Super-heater)。此項加熱器裝置於汽鍋上，使爐中之氣體 (Flue gases) 由其經過，汽鍋中之蒸汽須先經過蒸汽加熱器然後走入供給管 (Steam supply pipe) 以供機器之用。蒸汽加熱器之受熱面大小須隨所需加熱之溫度而定，採用以下之公式計算最便利也。

$$S = \frac{Ct_s}{2(T-t) - t_s}$$

$S$  = 每汽鍋馬力須蒸汽加熱器之受熱面以平方英尺計 (Square feet of superheating surface per boiler horsepower)。

$t_s$  = 需要加熱之溫度，(Degrees of superheat desired) $^{\circ}F$

$T =$  爐中氣體經過蒸汽加熱器時之溫度 $^{\circ}F$

(Temperature of gases around the superheater)

$t =$  飽和蒸汽之溫度按壓力算 (Temperature of saturated steam at boiler pressure) $^{\circ}F$

$C =$  常數(constant)恆用 6.75 算。

例如：爐中氣體經過蒸汽加熱器時之溫度約  $2400^{\circ}F$ 。  
汽鍋工作之馬力為 600。蒸汽壓力計指示每平方吋上有 176.2  
磅之壓力，需要加熱溫度  $125^{\circ}F$

$$S = \frac{6.75 \times 125}{2(2400 - 378) - 125}$$

查後附之蒸汽表， $t = 378^{\circ}F$

$S = 0.2153$  平方呎每汽鍋馬力。

汽鍋六百馬力則加熱器之受熱面  $= 600 \times 0.2153$   
 $= 129.18$  平方呎。

## 六 熱量吸收之改善

美國礦務局經數十載之考察，發表以下之判斷，各工廠採用之而得良善之結果。以下為礦務局發表之言論。

(一) 汽鍋受熱鋼板(Heating plates)之序列法須使爐

中氣體經過之途徑長而狹(Long passages of small cross section)較之短而闊者(Short passages of large cross section)爲優良。設以同量之爐中氣體經過一個二英寸徑之通氣管(2 inches flue)及一個四英寸徑之通氣管,兩管之長相等,則二英寸管上能吸收之熱量較多於四英寸管,雖四英寸管之受熱面積較之二英寸管者多一倍也。是以火車之汽鍋工作之奏效(Efficient)較其他之火管汽鍋爲優,蓋其高熱氣體須經狹而且長之火管子也。

(二)欲增加水管汽鍋之效率,必須裝置隔板(Baffles)合法使受熱面列爲層排而延長氣體經過之途徑。

(三)多管火管汽鍋(Multi-tubular boilers)之效率可使增加,若將火管加長,而將徑口改小。因氣體之速率,必須緩慢使汽鍋能吸收多數之熱量。

汽鍋試驗室所得之結果有以下顯著之各點。

(一)供給爐中空氣之溫度加增,則汽鍋吸收之熱量,亦隨之而增,但與溫度加增之數不成比例,因空氣之密度與其溫度適成反比例,此與汽鍋吸收熱量之多寡有關也。如空氣之溫度爲不變數(Constant)則吸收之熱量當隨經過汽鍋

之量數而增。

(二)若通氣管(flues)之長爲不變數(constant)則汽鍋之效率加增,而通氣管之徑口須減小也。若通氣管之徑口爲不變數,則汽鍋之效率,當隨通氣管之加長而增。然通氣管之長須在相當之限度中,否則徒增費用而已。

平排水管汽鍋(Water tube boiler with horizontal tube bank)之吸收熱量,多數之熱量,全持最底下之一排管子吸收,其吸收工作,由底下一排管子起至頂上之一排管子,逐漸減少,是以水管汽鍋須有合法裝置之隔板(Baffles)而使爐中氣體之途徑長而狹,是則多數之熱量被汽鍋吸收,而其效率加增矣。

實用傳遞熱量之原則 (Principles of heat transmission),使實地工作有極好之機會,以改良汽鍋房之經濟及汽鍋之構造。裝置隔板得當使汽鍋之受熱面程序適宜,並非爲難之事,然汽鍋之量率因之加增數倍,汽鍋之效率亦增。汽鍋之量率增,則減省添製汽鍋之費用,汽鍋之效率增則燃料之費自減矣。

## 七 受熱面積與汽鍋容量

汽鍋之一部份，若鍋殼(Boiler shell)，通氣管(Flues)與管子(Tubes)，是皆一邊滯水，而一面向火或暴露於熱氣(Hot gases)者謂之受熱面(Heating surface)。凡有面積一邊有蒸汽流通而一面暴露於熱氣者謂之加熱面(Super-heating surface)。

汽鍋馬力(A boiler horse-power)之謂者即每小時能蒸發 34.5 磅華氏 212° F 之水為華氏 212° F 之蒸汽，即等於每小時傳遞 33,497 B. T. U. 之熱量。

蒸發之因數(The factor of evaporation)是實地工作時，由一磅餵汽鍋之水(1 pound of feed water)燒至汽鍋壓力之溫度(Boiler temperature)再蒸發為蒸汽或再加熱(Superheat it)其所需之熱量與一磅由 212° F 熱水蒸發為 212° F 蒸汽中之熱量相比，其算法如下：

$$F = \frac{(h + L + CS) - f}{970.4}$$

$F$  = 蒸發之因數(Factor of evaporation)。

$h$  = 蒸氣之熱量依據汽鍋之壓力(Heat in saturated

steam at boiler pressure, *B. T. U.* above  $32^{\circ}F$  per pound)

$L$  = 一磅蒸汽中之潛熱 (Latent heat of vaporisation at boiler pressure, *B. T. U.* per pound)。

$S$  = 加熱之溫度 (Degrees of superheat)。

$C = 0.49$  加熱蒸汽之比熱 (Mean specific heat of superheated steam)。

$f$  = 一磅餵汽鍋水中之熱量約等於水之溫度減  $32^{\circ}F$  (Heat of feed water, *B. T. U.* above  $32^{\circ}F$  per pound, approximately equal to temperature  $-32^{\circ}F$ )。

$970.4$  = 由一磅  $212^{\circ}F$  之水蒸發為  $212^{\circ}F$  之蒸汽中所含之潛熱 (latent heat to evaporate one pound of water at  $212^{\circ}F$  to steam at  $212^{\circ}F$ )。

例如：汽鍋上之蒸汽壓力計指示  $216 \frac{\text{lb}}{\text{sq.in.}}$ ，蒸汽之溫度，為  $515^{\circ}F$  餵入汽鍋水之溫度為  $145^{\circ}F$ ，求蒸發之因數。

$$F = \frac{(h + L + CS) - f}{970.4} = \frac{394 + 832.5 + 0.49 \times 121 - 113}{970.4}$$

則蒸發之因數  $F = 1.2086$

附註： $h$  按蒸汽壓力計指示  $216 \frac{\text{lb}}{\text{sq.in.}}$  查後附蒸汽表

上得華氏溫度  $394^{\circ}F$ ，又得潛熱  $L$  為  $832.5 B. T. U.$  加熱溫度  $= (515 - 394) = 121^{\circ}F$  水之熱量  $= (145 - 32) = 113 B. T. U.$  若蒸汽無加熱溫度則以上公式內之  $CS$  一項  $= 0$ 。

汽鍋工作時以實在蒸發之蒸汽磅數 (actual evaporation.) 以  $F$  乘之則得等量之蒸發磅數 (Equivalent evaporation.)。以  $34.5$  除每小時等量之蒸發磅數，則得汽鍋工作之馬力。如照上例已經算出之蒸發因數為  $1.2086$ 。若汽鍋工作，每小時實在蒸發之蒸汽為  $10,000$  磅，則等量之蒸發磅數為  $1.2086 \times 10,000 = 12,086$  磅。則汽鍋工作之馬力 (Boiler horsepower developed)  $= 12,086 \div 34.5 = 350.3$ 。有時工廠中所用之蒸汽不裝蒸汽加熱器 (Super heater)，則所蒸發之蒸汽中，且含有未經化汽之水，此種蒸汽之乾度 (The quality of steam) 須用一總舌門量熱器 (Throttling calorimeter) 以決算蒸汽中含有百分中之若干為水份。

例如：蒸汽之乾度 (The quality of steam) 為  $96\%$  則蒸汽中含有  $4\%$  之水份。決斷之法係以蒸汽經過總舌門量熱器，由其膨脹至空氣壓力 (Expanding to air pressure) 然後量其溫度用以下之公式算之。



$$Q = \frac{1150.4 - h + 0.46(t - 212)}{L}$$

$Q$  = 蒸汽之乾度以百分數計 (Quality of steam %).

$h$  = 蒸汽之熱度按汽鍋壓力 (Heat of steam at boiler pressure)。

$t$  = 膨脹後蒸汽之溫度 (Temperature after expansion)。

$L$  = 蒸汽之潛熱 (Latent heat of steam at boiler pressure)。

例如汽鍋之壓力為  $167.2 \frac{\text{lb.}}{\text{sq. in.}}$ ，蒸汽經過總舌門膨脹後之溫度為  $252^{\circ}F$ 。求蒸汽之乾度。

查蒸汽表：蒸汽壓力為  $167.2 \frac{\text{lb.}}{\text{sq. in.}}$ ，則蒸汽溫度為  $374^{\circ}F$ 。則蒸汽之潛熱為 850。

$$Q = \frac{1150.4 - 374 + 0.46(252 - 212)}{850} = \frac{794.8}{850} = 0.935$$

即 93.5% 則含水份 6.5%

汽鍋之原量即汽鍋構造時所規定之馬力。陸地上所用之汽鍋恆以十平方英尺受熱面為一汽鍋馬力。

汽鍋之量 (The capacity of a boiler) 是其最大之蒸

發量。普通之水管汽鍋，皆有能工作至較規定之汽鍋馬力 (Rated boiler horsepower) 三倍之蒸發量。是則以五百馬力之汽鍋工作，常可得蒸發量等於一千五百馬力（即每小時能蒸發等量之蒸汽  $34.5 \times 1500 = 51750$  磅）。汽鍋之蒸發量則隨燃煤率而限止也。

工作汽鍋至較高之量 (High Capacity)，而能獲利益，必將利害兩相比較方可。

(一)效率 若增高汽鍋之蒸發量，則其效率必因之而遞減，若工作汽鍋之量太高，則效率上之丟失反不合算。故汽鍋能工作之量而不減其效率，必先經實地考驗而後定之。

(二)爐上面積之限止 各種燃料，皆有限止之最大燃煤率，超過限量外則不能獲得良好之結果。故欲增加汽鍋之量必須加火爐子之面積。但爐子之尺寸及地位須合於實際上工作之便利，不能任意增加也。

(三)通風之丟失 (Loss in draft) 若迫令極多量之爐中氣體通過汽鍋，則通風之丟失極大，則一氧化碳之成份亦因是而增。

(四)汽鍋之餵水 (Feed water) 如將汽鍋工作之量增

加太高，則鍋中之水有冒沫及被阻滯流通 (Foaming and priming) 之虞，汽鍋上之鋼板及管子因之被燒太熱，而受損害。

惟火車與船用汽鍋，常能增高工作量率而無蒸汽中帶水之虞。

## 八 汽鍋之置砌

各種極不同樣構造之汽鍋，經實地考察後，常能得到同等之效率。是以汽鍋中之管子排列之式樣，並不能改變其工作。所主要者厥惟爐子之設計良善及隔板之裝置得宜耳。

爐與火腔 (Furnace and Combustion chamber)：爐腔與火腔必須有足敷之地位，使爐中之氣體 (Gases) 能與空氣調合勻和而氣體在燃燒前溫度不致低降。由實地考驗之結果所得，則知在一定之燃煤率上，如空氣之供給加增則氣體完全燃燒所需之時間則減短也。

隔板 (Baffling)：隔枚裝置之式樣與汽鍋工作之結果，有極顯著之關係。經實地考察用包含揮發物豐富之煤以試驗之。此項煤皆含有百分之三十以上之揮發物。欲得完善

之燃燒，須有較大之火膛足敷蒸發其揮發物及燃燒煤中之純碳素 (Fixed Carbon)。考驗之結果顯示此項煤在水管汽鍋中(Water-tube boiler) 燃燒較能經濟，若汽鍋之管子上裝置平行之隔板 (Horizontal baffling)。考驗之結果：

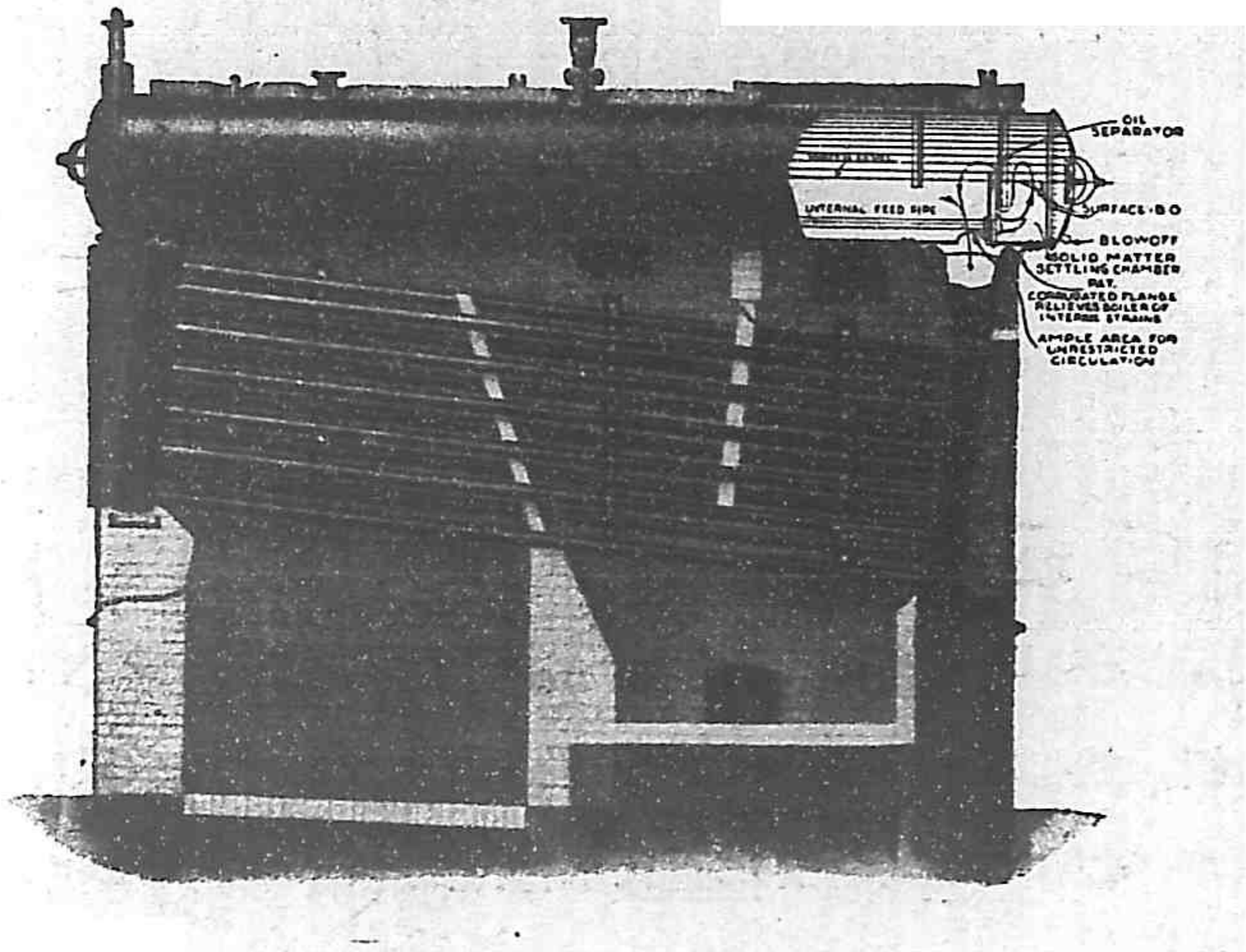
(一)水管汽鍋裝置直立隔板(Standard Vertical baffling)，共考驗四次。用煤之分析如下：水份 2.48%，灰份 5.51%，揮發物 31.71%，純碳素 60.30%，每磅熱值 14,250 B. T. U. 考驗結果如下：每磅煤能平均蒸發水 7.95 磅。

(二)水管汽鍋裝置兩通路平行隔板(Two pass horizontal baffling)，裝法如下：頭一塊隔板裝在最底下的一排管子之上，頭一塊隔板與第二塊隔板之中間有五排管子，第二塊隔板與頂上隔板之間有三排管子。考驗四次，所用之煤同上，結果：每磅煤平均蒸發水 8.54 磅。

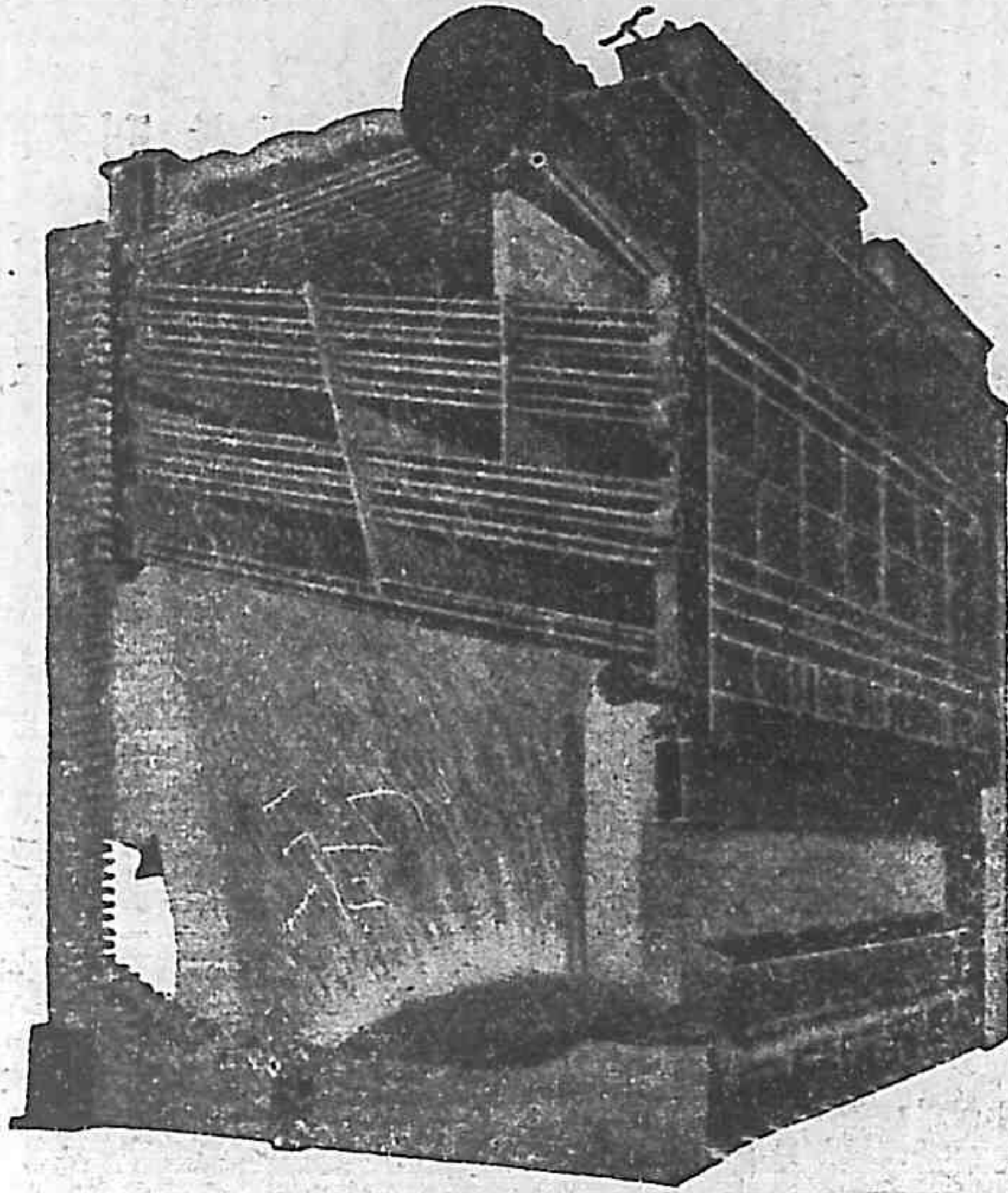
(三)水管汽鍋裝置三通路平行隔板(Three-pass horizontal baffling)，裝法如下：頭一塊隔板裝在最底下的兩排管子之上，第二塊與頭一塊隔板之間有三排管子，第三塊與第二塊隔板之間有兩排管子，第三塊隔板與頂上隔板之間有兩排管子。考驗四次，所用之煤同上。結果：每磅煤平均

蒸發水 8.83 磅，

以上考驗之結果顯示裝置平行隔板者，則蒸汽之量多，裝三通路之平行隔板者，則蒸發量高，裝兩通路之平行隔板者，其通風之丟失較裝有直立隔板者低，而裝有三通路之平行隔板者較裝直立隔板者略高。



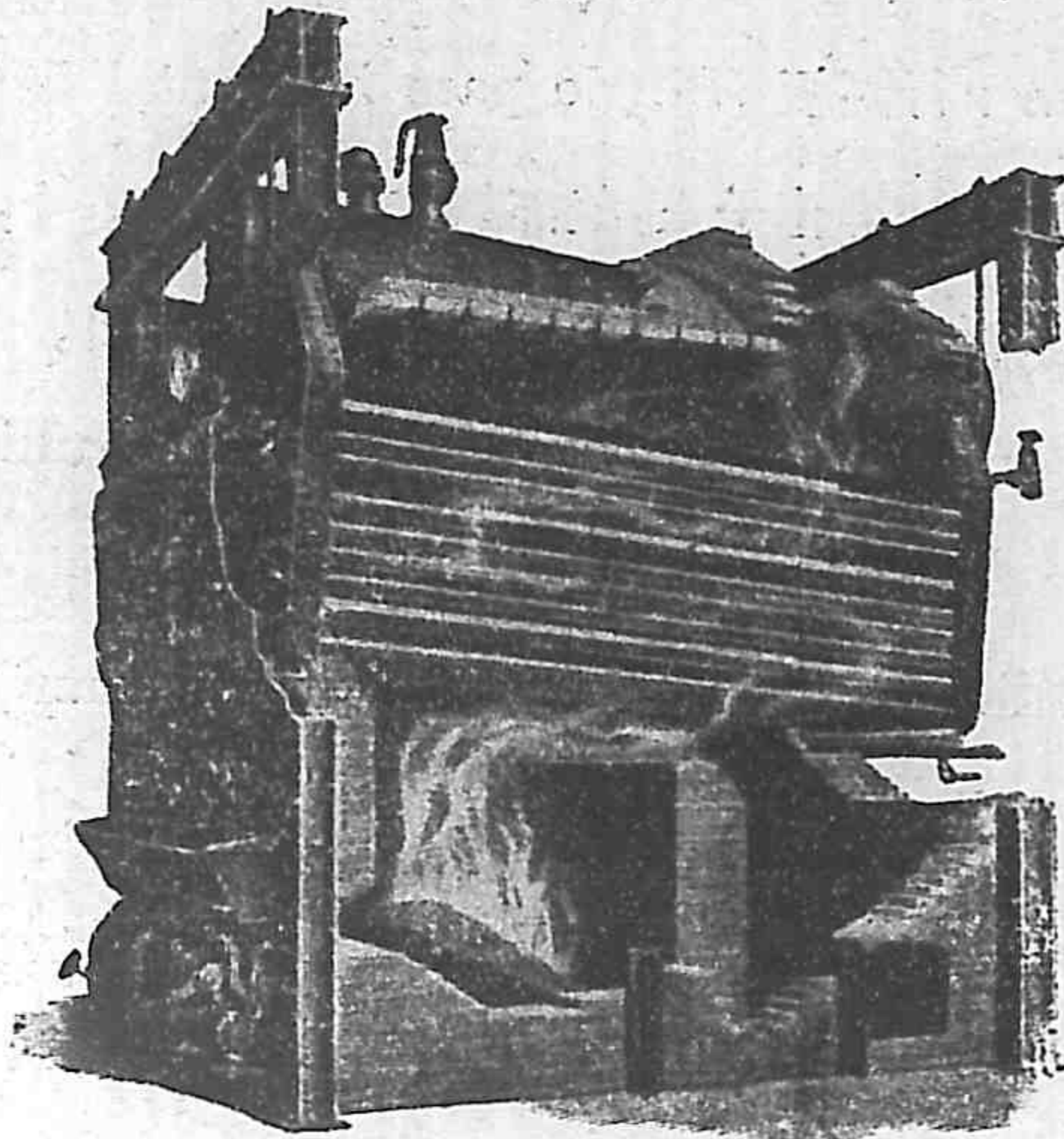
水管汽鍋裝置直立隔板者之橫視形



水管汽鍋裝有直立隔板者並顯示爐中氣體經過各部  
之途徑

在 229 頁上之圖顯示一水管汽鍋裝置兩通路平行隔  
板，並指明氣體經過之途徑，隔板比管子短三十六英寸。

昔在美國時曾將海因氏水管汽鍋 (Heine boiler) 已  
裝有普通直立隔板兩扇者，再添裝特置平行隔板於其間使  
氣體經過管子間兩次而不經過汽鍋下 (Steam drum)。照  
此裝置之汽鍋，則所吸收之熱量最大，若與標準砌置之汽鍋



(Boiler of the standard setting)相比較,以華氏  $2100^{\circ}F$  火膛之溫度(Combustion chamber temperature) 則氣體入煙突時之溫度在標準汽鍋上為  $590^{\circ}F$ ,在裝有特製隔板之汽鍋上為  $490^{\circ}F$ . 是則被特置汽鍋吸收之熱量較大矣。平均之效率當亦較大。

芝加哥電氣公司,曾將海因氏水管汽鍋之隔板改裝然後作比較之考驗。其所裝置之隔板係照以下之三種格式:

(一)單通路,(二)兩通路,(三)三通路。

單通路平行隔板 (Single pass horizontal baffling), 係裝置於頂上一排管子上,後部離空隙約三十英寸,使氣體在爐前通入管子間,而由爐後隔板之空隙中走出。

兩通路平行隔板 (Two pass horizontal baffling) 之裝置係加一塊隔板於第十排及第十一排管子之間,使氣體由爐前入而由爐後出,祇有五分之一 (Steam drum) 汽鍋本身與氣體接觸。

三通路平行隔板 (Three pass horizontal baffling) 之裝置係添加隔板兩塊,第一塊裝在第八排管子之上空隙處在爐後約三十六英寸,第二塊裝在第十四排管子之上空隙在爐前,汽鍋共有管子十七排。

考察之結果如下: 單通路隔板之汽鍋得效率 57%

裝兩通路隔板之汽鍋得效率 62%

裝三通路隔板之汽鍋得效率 67%

加裝一塊或兩塊隔板,即係重行排置管子之受熱面,用隔板將水管子分格,須按以下之程序。當氣體由爐中進入管子間其溫度較高其體積亦大,故第一塊隔板,與第二塊隔板



之間，必須隔開較多之管子，使有足夠之受熱面以吸收氣體中之熱量，其次所隔開管子逐漸遞減。從考察所得，單通路之汽鍋上入煙突氣體之溫度 (Uptake gas temperature) 爲華氏  $635^{\circ}F$ ；兩通路之汽鍋爲華氏  $550^{\circ}F$ ；三通路之汽鍋上爲華氏  $470^{\circ}F$ 。若再增加隔板至四通路 (Four pass) 或五通路 (Five pass baffling)，而使氣體經過之途徑延長然氣體入煙突時之溫度，不能再減少甚多。是以三通路之隔板 (Three pass baffling)，爲最多數汽鍋上所採用，超出此數則費用上反不經濟，以汽鍋之效率論，所得增加之數亦漸微也。

隔板之狀況 (Condition of baffles)：當汽鍋停止工作，而洗刷之時 (Boiler is shut down for cleaning)，必須將隔板仔細察看有何裂痕。如有極小之裂痕亦必修補完密，否則氣體經過後，裂痕將逐漸增大，而使隔板完全丟失其工作之效力。欲知在汽鍋工作之時，隔板有無損壞，則必須在氣體經過之最後之途徑上 (Last pass)，裝置一高溫計 (Pyrometer)，若隔板有損壞即可查悉，因隔板如有破裂時，氣體流通不順，而氣體經過至最後途徑上 (Top of the last

pass), 反有甚高之溫度, 有時且超過華氏計一千度之溫度, 而汽鍋之效率亦大減矣。

昔在美國工作時, 廠內之汽鍋中有一五百馬力司多林汽鍋, (500 H. P. Stirling boiler), 平時工作, 火之溫度為  $2462^{\circ}F$ . 隔板完善無損處時, 則氣體經過第一通路徑時 (First pass), 其溫度為華氏  $1148^{\circ}F$ ; 當進入最後之通路徑時 (Last pass), 其溫度為華氏  $545^{\circ}F$ . 某日該汽鍋之氣體, 在各部之溫度大異, 氣體經過第一通途徑時, 其溫度為華氏  $662^{\circ}F$ ; 因此處氣體忽不流通之故, 而在氣體經過最後之通途徑上, 其溫度反為  $1778^{\circ}F$ . 汽鍋之效率, 亦由 78.8% 降落至 28.2%. 因將汽鍋停止工作, 嗣後查得第一塊隔板上有一破洞約三十二英寸闊二十八英寸長。

爐牆 (Furnace walls): 大概熱量, 因經過爐牆, 而丟失者約一百分之四。有時爐牆之構造係中空, 然同樣厚薄之牆中空者不若實質之為善也。中空之牆內有空氣, 空氣雖為不良之傳熱物 (Poor Conductor for heat), 但熱量由輻射, 而經過之甚速, 如溫度低者, 可用空氣以阻熱量丟失。然汽鍋之爐中之溫度甚高, 故必須用固體之不良傳熱物以阻止熱

量因由傳導而外逸。欲免除爐牆因內部熱甚，牆磚發脹而生裂痕，則爐牆之構造，僅有內外兩邊砌磚，中空之處實之以黃沙或磚屑均得良好之結果，而熱量之丟失因之減少。

汽鍋外殼及蒸汽管子之包皮 (Boiler and pipe coverings)：熱量之由不包紮之汽管及外殼 (Bare pipe and drum) 之丟失者，每小時每平方英尺之面積上約有 *B.T.U.* 凡管子內外之溫度相差係華氏一度。若管子內外溫度相差之數加增，則每小時每平方英尺之面積上丟失之熱量，亦隨之而增。管子之徑口愈小則熱量之丟失愈多。此項熱量之丟失會經常時之考察而決定，大約每一千平方英尺面積之不包管子上，全部之管子中能裝蒸汽一百磅者，每日工作二十四時則每年煤料之損失約三百噸。如用上等包皮包紮管子，則此項熱量之丟失可免除者約 75% 至 90%。如用上等鎂粉包皮 (Magnesia covering) 包以適當之厚薄可經受  $700^{\circ}F$  之溫度而不損壞，熱量之丟失，因之而得免除者極為顯著。茲將考察各項蒸汽管子包皮之結果，另列圖表以備參考之用。

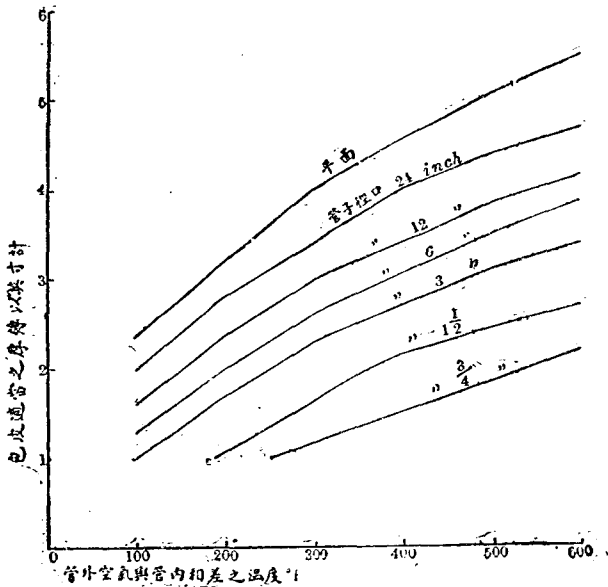
考驗各種管子包皮之結果

包 皮 Covering	管子徑口 英寸 Pipe di- ameter Inch	包皮之厚 英寸 Thickness of covering Inch	蒸氣溫度 °F Steam temperat- ure °F	空氣溫度 °F Air tempera- ture °F	每小時每平方 尺管子上丟 失之熱量 B.T.U. per sq. ft. of pipe per hour	每一度溫度相 差熱量之丟失 B.T.U. per degree temperature difference.
髮毡 Hair felt.	2	0.96	302.8	71.4	89.6	0.387
髮毡 Hair felt.	8	0.82	348.3	69.0	117.9	0.422
礦絨 Mineral Wool.	8	1.30	344.1	58.3	81.3	0.284
石棉毡 Asbestos sponge felted.	2	1.125	364.8	60.7	145.0	0.477
石棉毡 Asbestos sponge felted.	10	1.375	364.8	62.8	85.0	0.248
氧化鎂 Magnesia.	4	1.12	388.0	72.0	147.0	0.465
氧化鎂 Magnesia.	8	1.25	344.1	66.3	106.6	0.384
氧化鎂 Magnesia.	10	1.19	365.2	66.0	103.0	0.347
石棉 air cell	4	1.12	388.0	72.0	166.0	0.525

按上表之結果，蒸汽管子一經適當之包皮包紮之後，則熱量之丟失僅及不包皮之管子，所丟失者十分之一。雖用高上之包皮需費略鉅，然一經包好極為耐用而歷年所免耗費之煤料當百倍其值也。

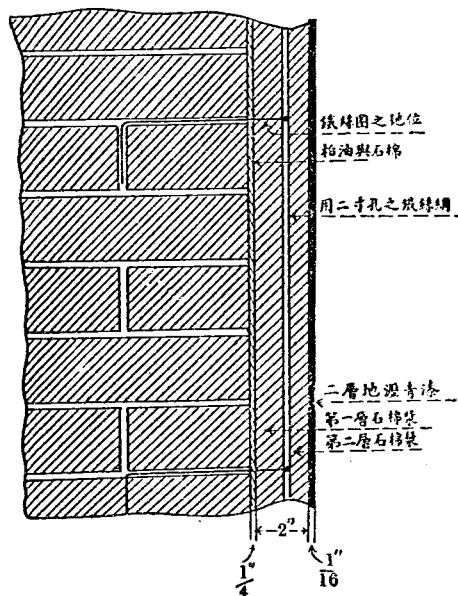
包皮之厚薄須按蒸汽之溫度，及管子之徑口而定，太厚

第四十一圖表



則糜費而無益，太薄則不適當。茲製圖表（第四十一圖表）以備在實地工作者採用焉。

採用以下汽鍋砌置及包蔽 (Boiler setting covering) 可減除空氣之漏入及輻射之熱 (Air leakage and radiation) 之損失。每年每五百馬力之汽鍋，因是可節省消耗約二千銀幣。下圖為汽鍋牆上包蔽之做法，先用鐵絲砌於磚間伸



出約一英寸又四分之一，先用焦油和石棉(Tar and asbestos wool.)塗刷數層，然後塗以一厚層之石棉漿(Asbestos paste)在此漿上安置鐵絲網，即用伸出之鐵絲扣牢，再塗石棉一厚層，俟乾後外刷土瀝青漆(Asphalt varnish)一層約厚四分之一英寸，包蔽共厚二英寸又十六分之五。汽鍋頂上則用1:2:4之三和土(Concrete.)。用此項包蔽，每日每五百馬力之汽鍋，可少燒煤約一噸有奇。

灰坑(Ash-pits):灰坑之構造，須按照以下之三要點。

(一)容量：灰坑須能容留二十小時工作之煤灰，若此則免除夜間運灰出外之事。普通灰坑均能容積十二小時，至十四小時工作下之灰。欲計算灰坑之大小，須決算每小時所能燒最多之燃料及其灰份。如用高級煤，則灰坑實在之大小須較算出之數加十分之一。如用低級煤須照計算出者，加大四分之一，每一立方英尺之灰約重四十五磅。

(二)容易清理：灰坑須容易清理，否則如工人工作不勤則煤灰堆積過量，而致爐被損壞。出灰之門須高低合度使耙能達到內部將灰完全耙出。如用灰斗(Hopper)則啓閉之活門須裝在灰坑左近俾，工人易於工作。

(三)耐用：三和土(concrete)及裏部砌磚之灰坑，最能耐用。灰則不許堆積於灰坑門前則免損壞。

拱門，支柱與邊牆(arches, piers and wing walls.)拱門之構作為協助燃燒者，如用至於鍊子式燃煤器(chain grates)或火上添煤器者(overfeed stokers)實為一能輻射熱之面，因其接受，由爐之後部傳來之熱及火床(Fire bed)與爐中之熱，而輻射之於爐前當生煤入爐時，得此項輻射熱量之助即得蒸發而燃。

細滴之焦油及細粒之碳素，常被行動之氣體(gases)攜帶而經過爐中及火膛(Furnace and combustion chamber)。此項氣體之外部，常被已經完善燃燒之氣體包圍，而使其不能與氧混合。因劇烈的行動能發生摩擦作用，而去其被包圍之外衣(outer film.)。在氣體所經過之途徑上，添築磚柱(Brick piers)而改變其途徑之寬狹使氣體經過，而縮漲不定，若是則與氧混合適當，而燃燒完善矣。

此項磚柱與拱門宜用上等火磚(Fire bricks 築之)。若汽鍋工作在原量之下(Below rated capacity)此項建築可保用四月之久。若量率加增保用之時間隨之而減。實驗上汽



鍋之效率則能增加至百分之三。

### 九 火磚等

火磚用天然之火堊(Fire clay)製造。此項火堊所包含主要者爲鋁與矽(alumina and silica)並兩種黏土(clay)一種有黏性而軟者，與一種堅硬者相混合。堅硬者即 (flint clay)本身無黏合力，軟者即(Plastic clay)有豐富之黏合力。用不同之成份，而混合以上之黏土，所製成之火磚，其功用亦不同。但用以砌置汽鍋之火磚，須有以下之特性。

(一)黏性(Plasticity):先時考察火磚之合用於砌置汽鍋，均視其融解溫度之高低 (melting point) 爲定例，實驗上須以火磚黏力之高低爲根據。有時火磚軟化之溫度 plastic temperature 甚低，雖融化之溫度高亦不合用。火磚之合用與否按實地工作上之所需而決定也。

市上有售之火磚一經考察，其軟化之溫度，常在華氏 2400°*F* 以下。考察火磚須按下列者方爲合格。標準之火磚能在華氏 2462°*F* 溫度之下，每平方吋之面積上容受五十磅之壓力，而不改變其形狀。若汽鍋工作之量率增高者則火

磚必須能在華氏 2800 度溫度之下，每平方吋之面積上容受一百磅之壓力，而不十分改變形狀者方可合用。

(二)發漲 (Expansion):除堅硬外，火磚因受熱而發漲須有定限，否則爐牆將因之而發生裂痕。故九吋之火磚經華氏  $2600^{\circ}F$  發漲不得過 0.05 英寸，然火磚被火燒過常不復收縮至原有吋吋，有時較原有之吋吋大或小，是以火磚未經合法燃燒之後，再經火燒，其漲率即與前定之數不符矣，從實地考察所得，則火堊與砂，所製之火磚 (Fire brick) 其漲率在較高之溫度中反而減小，平均每華氏溫度之漲率為 0.0000027。照此漲率算，則六十六塊二寸半厚之火磚經過華氏  $2,000^{\circ}F$  之溫度則漲一時。火磚發漲為汽鍋上磚牆損壞之源，故在實地工作者，必須將火磚用上法考察然後擇用，一切流弊當可免除矣。

火磚質地之優劣頗易辨別。凡火磚內黏土之顆粒 (Grains of fire clay.) 用粗糙者，則硬化之溫度高，因其接觸之細粒少也。用尖角形之石英 (Quartz) 者較為堅固，黏土多而砂少者則易破裂。磚須平正則砌置時接縫處可堅固也。

(三)重壓 (Compression):標準之火磚用 7500 磅之重

量可以壓碎。如能承受較大之重量則磚太硬而不適用。

(四)堅硬(Hardness):太堅硬之磚最易破裂,因爐中氣體行過磚前時,溫度高低不同,是以火磚各部之伸漲亦不等,十分堅硬之火磚因之發生破裂。

(五)火磚內所含火石塊(Flint grains)之大小,須與米粒相若,最大者與豆粒相若,如將火磚碎成細末,此項火石顆粒極易檢出因其極堅硬不碎也。

(六)火磚中包含火石顆粒之成份:高等磚含有火石顆粒原定之成數,中等磚約有原定數十分之六七,下等磚約有原定數十分之三四。

火磚之上等製造者可分三種:

甲種最合用於砌置用機器燒煤之汽鍋,工作之量率加大時不致損壞。

乙種最合用於人工燒煤之汽鍋,而工作之量率略加大者,或用以砌置機器燒煤之汽鍋,而不增量率者。

丙種最合用於人工燒煤之汽鍋,祇在短時間中略增工作之量率者。

茲將以上三種火磚之特性列表於下,以備採擇之用。大

抵劣等之火磚較優等者堅硬，火磚堅硬之需要以足敷承當所工作之負擔者為上，過於堅硬非惟無益而又害之，因砌置時不易而碎裂易於發生也。

火 磚 之 等 級 表

特 性	甲 種	乙 種	丙 種
融化之溫度 °F	3200°—3300°	2900°—3200°	2900°—3000°
能承當之重壓磅數	6500—7500	7500—11,000	8500—15,000
堅硬比較	1—2	2—4	4—6
所含火石塊之大小	中	中—大	大
所含火石塊之成份	原定成份	原定成份之60%—90%	10%—50%

欲估計火磚之優劣祇須將其擊破，而察看其破碎之處。如破碎之處清潔成白色，而顯有火石顆粒者為優等磚。若破處起細紋如切開之麵包者是為下磚。

既選得合用於汽鍋之火磚後，最要者為適當之砌置。有時汽鍋牆沿之破裂或內部塌陷者，皆由於工人之工作不善，非火磚之過也。砌置爐內之牆須用火堊(Fire clay)薄漿以灌接磚縫。磚面須互相接合故火堊漿須薄。有時工廠採用市上所售之一種黏土以塗飾汽鍋內牆，此種黏土內含火堊及

火石細粒，用之以塗抹內牆約三四寸厚，然後用微火烘五小時，乾後即成一整片硬石。如塗抹得法極其耐用，惟價值較昂耳。

### 十 煤煙卽臭

煙臭極似燈上之煤煙有時色且不黑。雖在汽鍋工作時，能保持最適當之燒煤法，而不使碳素化成細微之顆粒，但管面上，仍爲一種阻熱之衣皮(Insulating covering)所遮蔽。此種衣皮大抵係爲灰末，此項積垢分有各種顏色，由灰色，綠色，紅色，棕色，以至白色。實地考察上，灰中所含之塵土常較化驗所得者缺少百份之十五或二十不等，是則所缺少之塵土，必被爐中之氣體攜帶至火腔，然後由煙突中走出。

此種在管子面上之積垢，常能融化於較低之溫度下。管子上有此項包蔽即有以下之結果。先是熱量之傳送，被此項包皮所阻，使管中之水不能吸收多數之熱量，則由煙囪中走出之氣體溫度因之增高。當溫度增高則此項包在管子面上之塵土逐漸融化，則氣體中之熱量更不能透入，則煙囪中走出之氣體溫度，亦逐漸加增矣。融化之煙臭存留在管子中

間阻塞通風，則汽鍋之工作量率亦因而低減。各種汽鍋不論其所用之燃料為硬煤，軟煤，油或氣體，皆有煙灰積於管子間。通風力高煙灰亦多。能燃燒之細粒煤煙係燃料未經完善燃燒而成。通風力雖細粒之碳素能被帶過火膛而未經燃燒，如火膛小而溫度低，則碳化氫(hydro-carbon)未經完全燃燒即被氣體帶出煙囪，灰中之一部碳素係碳化氫，在蒸發時分解而成，有時因溫度較低氣體之一氧化碳分解，故常有煙灰極多，而氣體中則無一氧化碳。

煙灰留積在管子上之多寡，隨煤之等級劣或優，常有汽鍋工作八小時後，管上即積有一寸厚之灰，若通氣道中積垢太多使通風減小而妨礙汽鍋之工作。

故不論何種汽鍋，均須裝置有吹灰器，每日將積灰吹去。火管汽鍋上之管，每月須修刮兩次，以便刮除有油性之灰。

吹灰機器能吹除煙灰較手用之吹管省工節時，奏效亦優，因其能達到管面各部，而所用之蒸汽與手用之吹管相等。

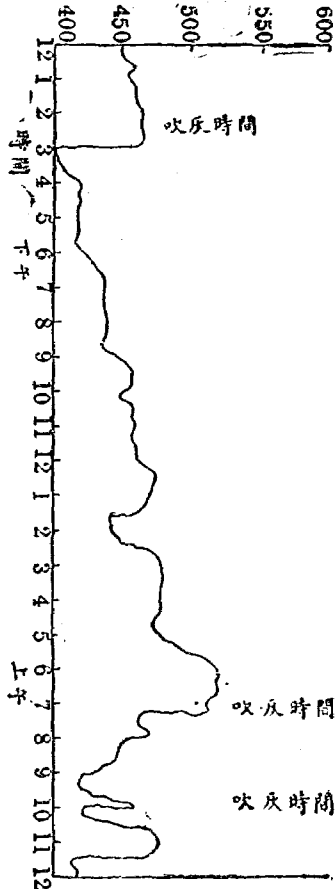
煙灰既不致堆積於管後，而多量之冷氣亦不致侵入，約計煙囪中走出之氣體溫度每華氏  $20^{\circ}F$  溫度減低，則節省燃料百分之一。

右圖爲一五百馬力

煙囪中氣體溫度°F

汽鍋經過二十四小時工作，煙囪中氣體溫度之增減及吹除煙灰時間。

廠中從前添置一六百馬力新水管汽鍋，工作量率爲 150%。第一日入煙囪氣體之溫度 (Uptake temperature) 平均爲 550° F. 華氏溫度，至第五日入煙囪之氣體平均溫度增至 650° F. 華氏溫度，四日中 100° F 溫度之增加代表約 5%，百分之五燃煤之耗費。此等工作之考察，係欲顯明煙灰留積極速若不吹除則熱量



之傳遞被阻而燃料亦因之耗費。故在實地工作者，必須對於吹除管面上積灰一節加以注意。吹灰器之選擇亦必審慎。

吹灰器經過實地考察後之比較：

用以考察之汽鍋，為六百馬力，水管汽鍋裝置三通路隔板，先用手工吹灰器，次用蒸汽吹灰機(Steam blower,)將留積之灰完全吹除後其各部之溫度如下：

吹 灰 器	第一通路底 Bottom of 1st pass	第一通路頂 Top of 1st pass	第二通路底 Bottom 2nd pass	第三通路頂 Top 3rd pass
手工吹器 Hand blown	1697°F	954°F	727°F	618°F
蒸氣吹機 Steam blower	1691°F	934°F	649°F	527°F

以上兩者相較則蒸汽吹機見優，以蒸汽吹機吹除灰，則平均入煙囪氣體之溫度，與手工吹器比相差為華氏(618-527)=89°F。經濟相較，則蒸汽吹機增多約 4.5%。是以汽鍋吸收熱量增多，而燃煤減少百分之四有奇。用手工吹器吹除灰需時約三十分鐘，大概均於每二十四時，吹除管面上留積之灰一次。因其費工費時且恐有多量冷空氣侵入，而



損害爐牆等。若用蒸汽吹機以吹除管面上留積之灰臭，則每六小時可吹除一次。因其工作極簡且每次祇須十分鐘。平均入煙囪氣體之溫度常因之減低華氏  $110^{\circ}F$  之溫度；此則代表汽鍋之效率增加，約百分之四。

### 十一 汽鍋中之水鹼

現代之工廠均採用較大之汽鍋，而工作較高之汽鍋，擔負(Overload.)。故對於饋汽鍋水必清潔而後可。此為要點不容忽視也。

除雨水，融雪及蒸汽凝結之水外，其餘之水供給汽鍋之用者莫不含有礦鹽(Mineral salts)，植物(vegetable matter)或酸(acids)。斯則能銹蝕汽鍋或結水鹼於內。

按視察員及保險公司之報告，大多數之汽鍋經其視察者鋼板上或發現燒痕，或有損壞之管子，或管邊滲漏，或接口處滲漏，或有極厚之水鹼，或內部因銹而剝蝕，推其源皆饋汽鍋之水(Food water)不潔有以致之也。

水鹼在熱量傳遞上結果為害甚烈。蓋水鹼在平緩慢燒煮之鍋中並不為害。若在汽鍋中，當汽鍋工作之量率增加

時，貼近鍋殼及管殼內之一層，水鹼經高熱之溫度，而成乾硬。若是則成爲一極佳之阻熱物(Heat insulator)，則鍋殼及管殼之外部，因受熱度太高而被燒壞。若鍋殼內外及管殼內外清潔，此即內無水鹼外無煙灰，較冷之水流通其中，則爐火中之多數熱量被水吸收，則無斯害也。

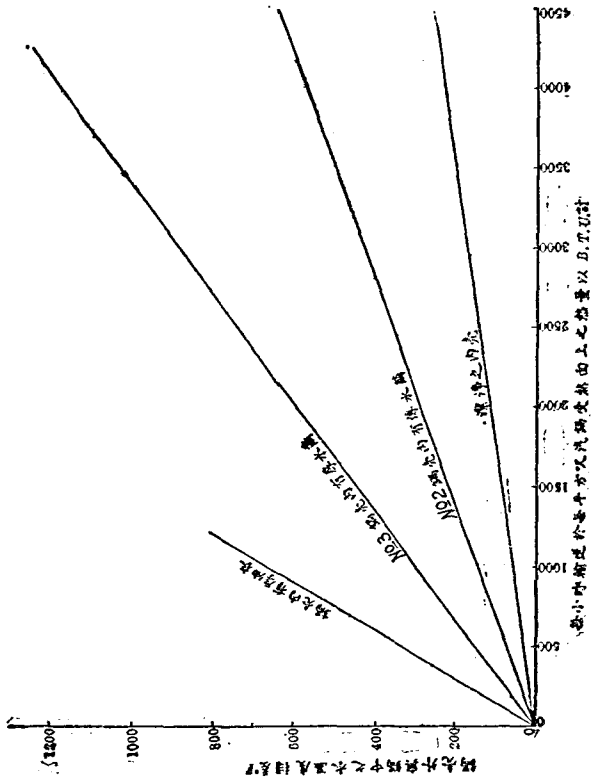
第四十二圖表，顯示鍋殼或管殼內在各種情況下，內外溫度相差之度數及每小時輸送於汽鍋受熱面上之熱量。

第四十二圖表中，指示鍋殼或管殼外之溫度增高，因殼內有水鹼或油衣，或溫度降低若鍋殼等清潔，清潔之鍋殼管殼上，每小時每平方尺之面積，及每度華氏溫度相差(即鍋中之水與鍋殼間  $1^{\circ}F$  溫度相差)則傳熱率(Coefficient of transmission)爲 166。若積有二號水鹼，則傳熱率僅得 67。積有三號水鹼，則傳熱率爲 31。若積有油垢，則傳熱率僅得 13.4。由此觀之則鍋殼及管殼不清潔，既耗費燃料復有被火燒壞之虞。總之用能起水鹼之水以供給汽鍋，即有以下之各種損失。

(一)耗費燃料。

(二)因汽鍋之量率減小而須添置汽鍋以應工作之需。

第四十二圖 表



(三)清理汽鍋裝換新管及修理汽鍋之費用。

(四)汽鍋之生命減短價值低減甚速。

(五)購置修理汽鍋材料之費用。

供給汽鍋，所用之水中之有害物質為礦質及其有機之物(mineral and organic substances)。此種物質存在於天然水中其成份不同，其主要者為碳酸(carbonate)，硫酸(sulphate)漂白粉(chloride of lime)，鎂(magnesia)鈉(sodium)鐵與鋁(iron and aluminum salts)，矽(silicate)，酸(mineral and organic acids)並氧與碳酸氣(Oxygen and carbon-dioxide)。水鹼因由碳酸，硫酸與石灰及鎂而成，有由氧化鐵，鋁與矽而成。銹蝕因有氯化鎂及鈉並酸之故。

凡天然水中均含鈣(Calcium)。氧化鈣(Quicklime)與水混合則成氫氧化鈣(Caustic lime)，融化於水中則成石灰水，如成份過多則成液漿(Milk of lime)。氧化鈣與碳酸合則成硬質與天然之大理石或石灰石無少異。此種物質在清水中不甚融解，若再加碳酸氣及水則極易軟化。故雨水常能融解石中之鈣因其含有碳酸氣也。

如將水燒煮極熱或極久，或加鈣或加氫酸鈉(Calcium or sodium hydrate)則吸收去碳酸氣，而使重碳酸鹽(bicarbonate)沉澱於水中，輕碳酸鈣(Calcium monocarbonate)

在清水中極不易融化，在含有碳酸鈉或碳酸鉀(Sodium or potassium carbonate)之熱水中則更不能融化矣。

碳酸鎂(Magnesium carbonate)與鈣之性質無異，除輕碳酸鎂(monocarbonate of magnesium)甚易融化，故欲得沉澱之鎂須將其變為氫氧化鎂(hydrate.)因其較易融化也。

碳酸鹽與鎂僅使水暫時堅硬，祇須將水燒熱逐去一部份碳酸，則重碳酸變為碳酸鹽，則餘下之石灰一部份較易溶化矣。

水中天然含有硫酸鈣(Calcium sulphate)。硫酸鈣和以七分子之水即成石膏(gypsum)。將水燒熱除去一部份水份則成為極細之白粉(即焦石膏)。硫酸鈣能在水中溶化，在華氏六十度之水中每加侖(gallon)水能溶化 138.4 格蘭因(grains)，在華氏三百度之水中，每加侖水仍能溶化三十至四十格蘭因。若濃結於汽鍋中，此項硫酸鈣結晶甚硬成為如磁片之水鹼。此項水鹼極能阻熱之經過而且極難刮除。碳酸鹽在汽鍋中所成之水鹼則鬆而輕也。

清除水中所含硫酸鈣之法如下：(一)化硫酸為碳酸，(二)使成鈣鹽則不能溶化，普通之法用碳酸鈉(Sodium

carbonate)加入汽鍋中，化學之反應使成爲碳酸鈣(Calcium carbonate)及硫酸鈉(Sodium sulphate)。碳酸鈣在水中不溶化，硫酸鈉在水中極易溶化，而無損害於汽鍋。

硫酸鎂(Magnesium sulphate). 在水中極易溶化。但如有鈣鹽(Calcium salts)同時發現於汽鍋中，受化學之反應後則成硫酸鈣，於是則有極硬之水蘊結在汽鍋內。清除硫酸鈣須照上法加碳酸鈉於汽鍋中。

氯化鈣與氯化鎂(Calcium and Magnesium chlorides)時發現於供給汽鍋之水中。氯化鎂爲害最烈，如經燒熱至汽鍋之溫度時則成鎂(Magnesium)與鹽酸(hydrochloric acid)，汽鍋則被銹蝕矣。氯化鈣與氯化鎂亦用碳酸鈉治之使其成爲不能溶化之礦物。

水中所含之砂，鋁與鐵在汽鍋中並不爲害。水中有鹽，在近海邊所得水之供給含鹽更多。實際上除蒸溜外無法以除清之。有時地方上供給之水內含碳酸鈉常時有重碳酸鈉，必須用石灰水以吸收其碳酸之分子，使其成輕碳酸鈉。若水中亦含有足數之硫酸鈣，硫酸鎂及氯化鈣與氯化鎂，則自能吸收碳酸鹽。否則須加硫酸鈣以治之。若汽鍋水中含鈉太多

則有冒沫之虞(Priming and foaming)。

礦酸質有時發現於水中，主要者為硫酸，其他若有機酸質皆因水中含有不清潔之水混入其中。若以碱粉(sodaash)加入汽鍋則此種酸質並不為害。

現時發見汽鍋及水管之被銹蝕，係因水中有調和之空氣，空氣中之氧有銹蝕汽鍋之能力。如能將該氧除去，則不能發生損害，如供給汽鍋之水中有發生氫之物質若碳酸鹽，重碳酸鹽，或二氧化硫與其他酸質則腐蝕更快。若加以碱質若碱粉或苛性鉀則氫減少，而腐蝕之作用亦緩，如碱質加足能除盡化氫物質則腐蝕性亦可完全消滅。

腐蝕性之增進皆因空氣中之氧調和水中。如將供給汽鍋之水燒熱自能驅除混合其中之空氣，當水之溫度至華氏 $212^{\circ}F$ 時則將水中混合之空氣完全驅出。故採用餵水溫熱器 Feed water heater 為最經濟而奏效之法以除淨水中所混合之空氣。

## 十二 汽鍋用水之製軟法

用化學方法，以製軟冷水經過數十年來，仍不更變其成

法。惟製軟少量之水，可用其他方法。用石灰水或石灰濃汁以中和酸質吸收碳酸，及改變重碳酸鹽為碳酸鹽，仍為最經濟，而最合實用之法。改變硫酸鹽硝酸鹽及氯為碳酸鹽則用鹼粉，若碳酸鹽與硫酸鹽之成份比例相當，祇須用水氧化鈉 (Sodium hydrate) 即能吸收碳及改變硫酸鹽與氯。

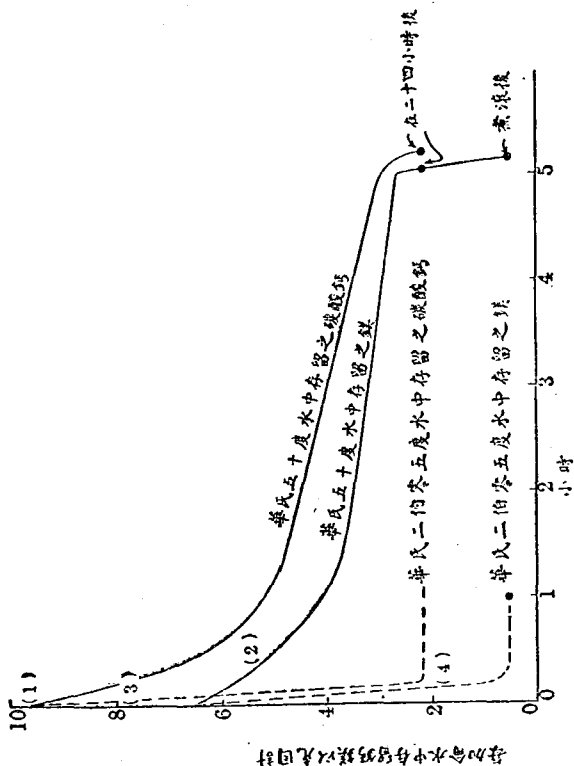
其他治水使無水鹼之法厥惟蒸溜，惟費用太大，或用 Zeolite 亦不合製軟汽鍋水之用，因其祇能治久硬之水。治汽鍋之水祇含暫時堅硬性者，僅用碳酸鈉入水，其量數之多寡須以水中所含之礦鹽成份而定。

用之製軟汽鍋用水之化學品，須以容易購辦及價廉者為標準。此項機器之設備，亦以最低之費用而得最高之奏功者為限。用適當之溫度，以增速化學之效應，能使製軟汽鍋用水之法完善而工作因之減輕。

觀第四十三圖表，可知增加溫度之價值，以同量之藥品加入同量之水中，(一)水之溫度為華氏 205 度，(二)水之溫度為華氏 50 度。第一線顯示用碳酸鈉製治硫酸鈣後，所存留之碳酸鈣量數在華氏 50 度之水中。第二線顯示用碳酸鈉及石灰製治硫酸鎂後，所存留鎂粉量數在華氏 50 度



第四十三圖表



之水中。第三線顯示用同第一線之製治法，所存留之碳酸鈣在華氏 205 度之水中。第四線顯示用同第二線製治法後，所存留鎂粉量數在華氏 205 度之水中。以上係實地考驗之

結果。用同量之藥品加入同量之冷水，並同量之熱水中，經過十分鐘後其在熱水中，所有碳酸鈣之量數較少於冷水，經過二十四時後，所有碳酸鈣之量數。在十分鐘後在熱水中能沉澱之鎂粉(Magnesium hydrate,)已完全沉積，冷水在二十四小時後，其在水中存留之鎂粉較熱水在十分鐘後，所存留者尚多三倍。若將冷水煮沸則存留之量數與熱水中，所存留相等。是則證明將水之溫度，加增適當可以增速化學的反應(Chemical Reaction)。故用石灰(lime)與碱粉(soda ash)軟水，將水之溫度增至華氏二百度至二百十度時，則數分鐘後，已得有完善之結果。若在冷水中須經過長時間方能得同樣之結果。

由實地考察所得，用同樣之化學藥品加入煮沸之水中及華氏五十度之水中，則滾水在十分鐘後硬度(Hardness)降至甚低，在華氏五十度之水須經十數小時方能獲得同樣之結果。分析已經製治之水，顯出存留在滾水中之成菌物質極微，多量之不清潔物質均積沉水底。

製治水之價值甚廉，以下為須用藥品之量數以製治一千加侖之不清潔水。

每加侖水中含有一克因(One grain) 硫酸鈣(Calcium Sulphate),則每一千加侖水須用 0.111 磅碱粉(Soda ash)以改變硫酸鈣爲碳酸鈣(Calcium Carbonate)。

每加侖水中含有一克因重碳酸鈣(Calcium bicarbonate),則每一千加侖水須用 0.117 磅石灰水(90%hydrated lime),以化重碳酸鈣爲碳酸鈣。

每加侖水中含有一克因鈣化氯(Calcium Chloride)則每一千加侖水中須用 0.137 磅碱粉(Soda ash)以改變氯化鈣爲碳酸鈣。

每加侖水中含有一克因硫酸鎂(Magnesium sulphate)則每一千加侖水中須用 0.14 磅碱粉並 0.098 石灰水以化之爲鎂(Magnesium hydrate)。

每加侖水中含有一克因重碳酸鎂(Magnesium bicarbonate),則每一千加侖水中,須用 0.28 磅石灰水以化之爲鎂。

每加侖水中含有一克因氯化鎂(Magnesium chloride)則每一千加侖水中須用 0.123 磅石灰水以化之成鎂。

每加侖水中含有一克因碳酸氣(Free carbon dioxide)

則每一千加侖水中須用 0.24 磅石灰水以吸收之。

水之堅硬(Hardness of water)者，即水中含有重碳酸鈣也，每一度堅硬(One degree of hardness)，即每加侖水中含有一克因之重碳酸鈣(One grain  $\text{CaCO}_3$  per gallon)。

用碱粉與石灰水為普通製治汽鍋用水之法，惟欲所用之量數適當，必須取未經製治之水以化驗之，知其所含各種礦質之成份以決定用碱粉與石灰水之量數。其法較繁，工廠中皆化驗已經製治過之水以定所用之碱粉與石灰水之量數是否適當。

凡經製治適當之汽鍋所用水，其所含之碱性(Alkalinity) 堅硬性(Hardness) 與苛性(Causticity) 須成以下之比例，即碱性：堅硬性：苛性須等於 6:5:4。若所用石灰水太多則已製治之水中，所含苛性幾與所含之碱性相等。若所用石灰水太少則苛性僅及碱性之半。若所用碱粉太多，則堅硬性減小，而碱性增高。若所用碱粉太少則堅硬性加增，而碱性減小矣。

化驗碱性(Alkalinity)法：取五十立方釐米(50 cubic

centimeters)已經製治之水置玻璃製之量杯中,先加入甲橘液 (Methylorange)使有色爲度,然後將酸液 (Acid Solution) 緩緩滴入直至水成紅色爲止。當酸液加入時水成紅色極快,若將水搖動或攪和則紅色立退,故須將酸液緩緩滴入,並將水搖動直待紅色不退爲止。每加入十分之一立方釐米之酸液 ( $\frac{1}{10}$  cubic centimeter of the standard acid solution) 卽代表一度的碱性 (One degree of alkalinity)。

堅硬性 (Hardness) 之化驗法: 用玻璃瓶取一百立方釐米已經製治之水,將皂液 (Soap solution) 緩緩滴入將瓶用力搖動,直至將瓶停止搖動時,則皂沫存留不去爲止。每加入一立方釐米皂液代表一度堅硬性。

苛性化驗法 (Test of Causticity), 取五十立方釐米已製治之水於玻璃瓶中,先加入非奴夫石林一滴 (Phenolphthalein dissolved in alcohol), 使水成粉紅色卽淺紅色, 然後將酸液 (The standard acid solution) 滴入, 每加酸液一滴將瓶搖動一次, 直至粉紅色完全不見爲度, 每十分之一立方釐米酸液代表一度苛性 ( $\frac{1}{10}$  cubic centimeter of acid solution corresponds to one degree of causticity)。

用上法隨時化驗極爲簡便。若碱性，堅硬性與苛性度數與上所說之比例不符，則知如何增減碱粉與石灰水之量數矣。

### 十三 溫熱汽鍋之用水

汽鍋之用水，已經送入汽鍋而未成蒸汽以前，必須先將其溫熱至汽鍋壓力相符之溫度。若蒸汽在壓力計指示爲145磅之壓力，則有華氏三百七十一度( $371^{\circ}F$ )之溫度，若送入汽鍋之水爲華氏六十度( $60^{\circ}F$ )之溫度，則每磅水必須有 311 *B. T. U.* 熱量之加增，使其溫度加增至三百七十一度( $371^{\circ}F$ )方能成 (145 磅之計示壓力) 蒸汽。成蒸汽時尚須加潛熱 (Latent heat) 858.8 *B. T. U.* 故由一磅華氏六十度之水先燒熱至華氏三百七十一度再成 145 磅計示壓力之蒸汽，共須熱量 1167.8 *B. T. U.*。由六十度之水燒熱，至三百七十一度須熱量 311 *B. T. U.* 等於總數熱量百分之二十七 27%。如採用機器中排出之乏汽 exhaust steam 以溫熱汽鍋用水然後再送入汽鍋，則可節省燃料，惟所用各種機械之費用是否合算，須由決算可節省之燃料量數而定。由溫熱汽鍋用

水而節省之燃料如下：

可節省之燃料以百分比計(Fuel saving per cent)

$$= \frac{100(t-t_1)}{H+32-t_1}$$

$t$  = 汽鍋用水燒熱後之溫度按華氏溫度計 $^{\circ}F$ .

$t_1$  = 汽鍋用水未經燒熱之溫度按華氏溫度計 $^{\circ}F$ .

$H$  = 每磅蒸汽所含之總數熱量按蒸汽壓力算見蒸汽表。

例如蒸汽之絕對壓力指示為二百磅 (200 pounds absolute), 汽鍋用水原有之溫度為  $80^{\circ}F$ , 燒熱後之溫度為  $250^{\circ}F$ . 求節省燃料之百分比。

$$\text{燃料節省} = \frac{100(250-80)}{1198.1+32-80} = 14.78\%$$

用汽鍋所用水溫熱器者(Feed water heater.) 除節省燃料外尚獲得以下之種種利益。

(一)減少由水成蒸汽經過之時間, 汽鍋之蒸發量因之而增。

(二)有多量之成水鹼物質, 在溫熱器內沉積, 而不致送入汽鍋, 則汽鍋工作之期間因不須清理而延長。

大概汽鍋用水溫熱器(Feed water heaters) 可分為關

閉式(closed heaters)開口式(open heaters)及經濟器(economizers),前二種採用機器中排出之乏汽以溫水,末一種採用由煙突走出之氣體以溫水。應採擇何種為佳須視工廠中實地工作之情況下而定。

關閉式之汽鍋用水溫熱器(closed feed water heaters)中,乏汽(exhaust steam)與水並不直接接觸,或水行管內而汽行管外,或汽行管內而水行管外。故有水管式與汽管式兩種。如汽鍋所用之水已經製治,而無成水蘊之物質,則可採用關閉式之汽鍋用水溫熱器。否則管子阻塞效率低減。且清除此項溫熱器費用浩大。此項溫熱器,亦不可用於機器之不繼續工作者,因乏汽不連接走入器內使其忽冷忽熱則內部之管子因而鬆動損壞。

開口式之汽鍋用水溫熱器(Open feed water heaters),最合用於水中含有成水蘊物質者。水中暫時之堅硬性,在此項溫熱器中即可解除,多數之不潔物皆沉積於器中,而易清除。用開口式之溫熱器,所節省之燃料較多,因乏汽中之熱量均經吸收,蒸汽凝結水(Condensate)之熱量亦不丟失。如在關閉式之汽鍋用水溫熱器內,則蒸汽凝結之水全行丟棄。



且因無分油器(Oil Separator)之裝設則含油之蒸汽凝結水，亦不合於供給汽鍋之用。在關閉式汽鍋所用水溫熱器內用每七磅，由華氏五十度，溫熱至華氏二百十度之水需要七磅冷水及  $1\frac{1}{2}$  磅乏汽(exhaust steam)以成之。若用開口式汽鍋用水溫熱器，需要七磅，由華氏五十度，溫熱至華氏二百十度之水時，則用冷水六磅與乏汽一磅合成之。所須考慮者，即採擇適用之汽鍋用水溫熱器。在採用蒸汽冷凝器之工廠中(In condensing plants)，在附屬機中，所排出之乏汽有限。事實上乏汽入開口式汽鍋用水溫熱器內，汽體與水立即混合使水之溫度加增與乏汽之溫度相同，相差不過一度或二度。乏汽入關閉式汽鍋用水溫熱器中，水之溫度增加，不能至乏汽溫度相等數，至少相差華氏溫度 15 度至 30 度。如管子上一面有油，而一面有水鹼，再加空氣蓄積其中，則熱量之傳遞減少，必須有多量之乏汽走入，方可溫熱用水之溫度，空氣蓄積其中溫熱器因而腐蝕極速。

開口式汽鍋用水溫熱器(Open feed water heaters)能用以收聚一切乏汽熱水及蒸汽凝結水，而合於供給汽鍋之用。如僅由附屬機(Auxiliaries)內所來之乏汽不敷增加汽

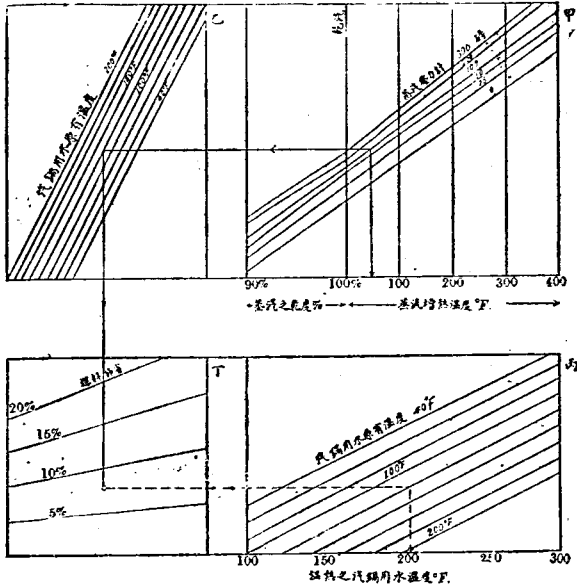
鍋所用水至需要之溫度時，蒸汽可由蒸汽輪機之中級 (Intermediate stage of the main turbine) 流入。若是則此項蒸汽工作之效率較之流入冷凝器 (Condenser) 時增加。有時汽鍋工作減小時用水不多，則被吸收過量之乏汽經過溫熱器內自動活門，而流入蒸汽輪機之中級，再由彼入冷凝器，因利益之所在故現代之工廠，皆採用開口式之汽鍋用水溫熱器。

經濟器 (Economizers) 之採用因汽鍋之設計不善，使氣體中所含多數之熱量未被汽鍋吸收，而從煙突逸去。惟現代之汽鍋設計完善，若隔板設置嚴密 (見前) 多量之熱量均被吸收無採用經濟器之必要。經濟器所佔地位甚大，又須磚牆或鐵殼砌置，並需用機扇吸出入煙突之氣體及清理經濟器之管子等，所需費用甚昂，而用之於現代之汽鍋，則所獲至微也。

第四十四圖表，按燃料節省公式算出為便於查考也。

查圖表法：例如蒸汽壓力計指示 100 pounds gauge 蒸汽增熱度數  $50^{\circ}F$  super-heat. 汽鍋用水原有溫度  $120^{\circ}F$  燒熱至  $205^{\circ}F$ . 求燃料節省之百分比 (fuel saving %).

第四十四圖表



先由甲圖表，從蒸汽增熱度  $50^{\circ}F$  直線向上至蒸汽壓力計指示 100 pounds gauge 斜線，由此橫行至乙圖表，遇汽鍋用水原有溫度  $120^{\circ}F$  斜線，由此直線向下，至丁圖表。

再由丙圖表，從溫熱汽鍋用水溫度  $205^{\circ}F$  直線向上至汽鍋用水原有溫度斜線  $120^{\circ}F$ 。由此橫行至丁圖表，俟與前

線交叉爲止，該交叉點即指明燃料節省之百分比。按上例圖表中指示燃料節省爲百分之八(8%)。

若由機器中排出之乏汽，除用以溫熱汽鍋所用水外尚有敷餘，可用以烘乾物料及供給室內暖汽爐之需。但必須裝置一製作精良之分油器 (Oil separator)，以清除蒸汽內之油則凝結之水仍能回入汽鍋用水溫熱器再供給汽鍋之用。此項設置最爲經濟，開口式之汽鍋用水溫熱器 (Open heater) 即用以爲接受凝結之水 (Condensate) 之水箱，同時亦自動放入生水 (Raw water) 以補足供給汽鍋所需總數之水量。分油器即可裝置於溫熱器上，每磅蒸汽先用於蒸汽機 (Steam engines) 或蒸汽輪機 (Steam turbines)，然後復用以入暖汽爐 (heating system) 則甚經濟。若蒸汽機或蒸汽輪機中，不排出使入暖汽爐，而入冷凝器 (Condenser) 則供給暖汽爐，必須另用半磅蒸汽方可與以上之效力相同。故管理工廠者，必須細心籌劃用乏汽 (Exhaust steam) 以供給室中暖汽 (Heat system) 或用冷凝器 (condenser) 而另用蒸汽以供暖汽，此則須視工廠之大小及冬季之長短。現代之工廠所採用者不外乎以下各點。

(一)在平時天氣溫和之際，則使機器排出之乏汽入冷凝器。若總量之乏汽在冬季足敷供給暖汽之用，則彼時應將凝結器(Condenser)關閉較為經濟。

若室中取暖祇須一部份之乏汽，或所須尚不及機器中所排出乏汽總量之半數，則必採用以下所載各點。

(二)設廠中之蒸汽機，或蒸汽輪機有兩架或數架，則一半數機器，仍用凝結器連接。其餘者所排出之乏汽可供冬季取暖之用。

(三)若廠中有一架蒸汽機，及一架蒸汽輪機，或兩架蒸汽輪機，可將兩機啣接，使第一機中所排出一部份之乏汽走入第二機再入冷凝器，其餘之一部份則入暖汽組織(Heating system)以取暖。

(四)若廠中所用者為雙關機(Compound engines)，則必須與冷凝器共用工作(Running condensing)，暖汽組織中(Heating system)，所用之乏汽，則於機器中間之乏汽接受器中(Intermediate receiver of the engine)取以供給。

(五)或裝置流通蒸汽輪機(Bleeder or extraction turbine)則乏汽可由連接冷凝器的蒸汽輪機之中級(Inter-

mediate stage of a condensing turbine) 取用加以附屬機中之乏汽(Steam exhausted from auxiliaries) 以供汽鍋用水溫熱器暖汽組織之用。

第一最要者，即用乏汽以溫熱汽鍋用水。因若是用之則乏汽中所含之熱量完全回入汽鍋並不丟失。

## 第四章 汽鍋之考察法

### 一 計算熱量法

欲改良汽鍋房而免除消耗其最要者即記載汽鍋每日之工作，第一須裝置一適當之水表 (Food water moter) 以記載汽鍋用水之量數，並用妥善之法以度量燃燒之煤斤，由知水與煤之量數，則每磅煤燃燒後能蒸發水若干磅即可計算，然後再算出一熱量平衡表 (Heat balance)，此項計算即能指出不論何項非常之損失。

以下之各項名稱爲考察汽鍋定法上所規定，或用所燃煤作標準，或用乾煤作標準，或用燃燒料作標準。

(一) 汽鍋所吸收之熱量。

(二) 因蒸發煤中之水份而丟失之熱量。

(三) 因燃燒煤中所含之氫而成蒸汽，熱量因被此項蒸汽帶去之損失。

(四)被爐中氣體由煙囪帶出熱量之損失。

(五)因燒成一氧化碳而損失之熱量。

(六)因煤灰中含有未經燃燒之煤而丟失之熱量，此項應包括被煙囪中及牆縫內飛出之碳素細粒。

(七)熱量因燒熱空氣中之濕度而丟失。

(八)熱量之丟失因有未經燃燒之氫及碳化氫，並輻射等之丟失。

以上各項均以熱量量數 *B. T. U.* 計算而以選擇之標準燃料中所含之熱量為基本，即每磅燃煤每磅乾煤，或每磅可燃料物 (*Combustible*) 中所含之熱量。汽鍋吸收之熱量與各項熱量丟失總數相加與每磅燃料中所含熱量平衡，是謂平衡表。

## 二 吸收之熱量

汽鍋吸收煤中之熱量而使鍋中之水蒸發而成蒸汽，每磅煤能蒸發鍋中水若干磅，則該若干磅之蒸汽中所含之總數熱量則等於汽鍋由每磅煤中吸收之熱量。以下之各公式為計算以上之熱量用。



$$\text{汽鍋吸收之熱量} = \frac{W(h+L+CS-f)}{D}$$

$W$  = 每日汽鍋工作時間所蒸發水之磅數。

$h+L$  = 每磅乾蒸汽中所含之總數熱量(在華氏  $32^{\circ}F$  以上)按 *B. T. U.* 算, 由蒸汽表上查, (Total heat of saturated steam above  $32^{\circ}F$ , *B. T. U.* per pound)。

$C$  = 加熱溫度的蒸汽之比熱 (Specific heat of superheated steam), 如無加熱溫度者, 則公式中之  $CS$  一項可無庸計算。

$$C \text{ 之數目則等於 } 0.43 + 1,476,000 \times \frac{P}{T^3}.$$

$P$  = 汽鍋之蒸汽壓力計上指示之磅數 (steam pressure pounds per square inch by gauge)。

$T$  = 蒸汽之溫度以華氏溫度加  $460^{\circ}F$  算, 即絕對溫度。

$S$  = 蒸汽加熱之溫度 (Degrees of superheat); 如無則不計算。

$f$  = 汽鍋用水中所含之熱量約等於水之溫度  $^{\circ}F$  減  $32^{\circ}F$ 。

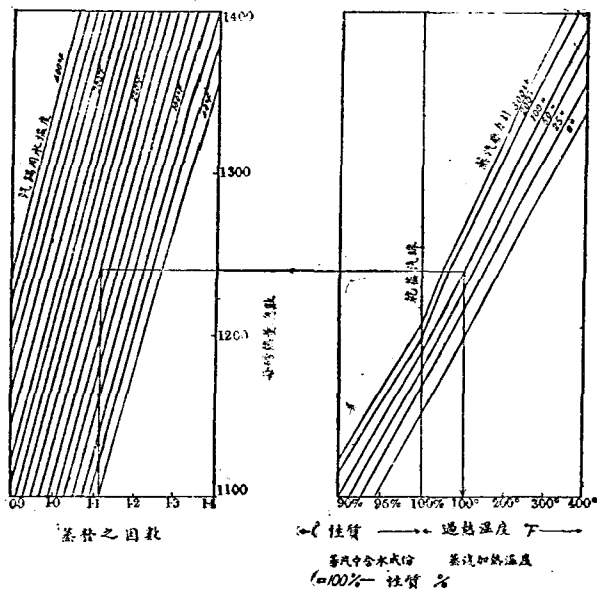
$D$  = 每日汽鍋工作時間內所燒煤之磅數。

由每磅乾煤中吸收之熱量亦等  $\cdot 970.4$  乘由每磅乾煤

所蒸發當量之蒸汽磅數，見第四十五圖表。

汽鍋之連合效率 (Overall efficiency) 則等於汽鍋由每磅乾煤中吸收之熱量而以每磅乾煤中所含之熱值除之。

第四十五圖表



查圖表法：例如汽鍋用水之溫度為  $180^{\circ}F$ ，蒸汽壓力計指示為 100 pounds per square inch by gauge，蒸汽加熱溫度即 superheat 為華氏  $100^{\circ}F$ ，求蒸發之因數。

由蒸汽加熱溫度  $100^{\circ}F$  起直線向上至蒸汽壓力一百磅斜線由此橫線入第二圖至汽鍋用水溫度華氏一百八十度由此直線朝下則得蒸發因數為 1.13。

汽鍋之工作馬力，效率及量率均以當量之蒸發計算。前已略述當量之蒸發 (Equivalent Evaporation)，係以蒸發因數 (Factor of evaporation) 乘實在之蒸發量數 (actual evaporation)。在實地工作者按照上例揀查蒸發因數既省時間又極簡便所得之數與計算出者相差極微。故隨時可採用第四十五圖表以估計汽鍋之工作量率是否適宜。

### 三 因煤潮濕之損失

煤中含有水份則必丟失熱量，不但煤中之水不含熱值。且煤入爐中燃燒時，必先蒸發此項水份而煤方着火，水份既成汽體雜入爐中之氣體中 (Flue gases) 則溫度增加然後由煙囪中走出。所以煤中含有多量之水份既增重量復耗熱量。

高級煤中約含有百分之四的水份，熱量因之丟失者約 0.35%，若用法烘乾所費反多，留之無害。每百分之十水

份之增加卽有百分之一熱量之丟失。用以下之公式卽可推算煤中因含水份而丟失之熱量。

$$\text{每磅煤中因含水份而丟失之熱量} = M [212 - t + 970.4 + 0.47(T - 212)]$$

$M$  = 每磅煤中所含之水份亦以磅計。

$t$  = 煤未入爐以前之溫度以華氏計算。

$T$  = 爐中氣體入煙突時之溫度以華氏計算。

0.47 = 加熱蒸汽之平均比熱數。

例如：每磅煤之熱值爲 14,000 B. T. U. (照乾煤算)，煤中含有水份百分之八，煤未入爐前之溫度（則汽鍋房之溫度）爲華氏八十度，爐中氣體入煙突時之溫度 (Uptake gas temperature) 爲華氏五百度，求熱量之丟失數。

每磅煤中因含有以上之水而丟失之熱量

$$\begin{aligned} & \text{爲 } \frac{8}{100} [212 - 80 + 970.4 + 0.47(500 - 212)] \\ & = .08(1102.4 + 135.36) \\ & = .08(1237.76) = 99.02 \text{ B. T. U.} \\ & = \frac{99.02}{14,000} \times 100 = 0.706\% \text{ 煤之熱值} \end{aligned}$$

## 四 蒸汽表

(Properties of Saturated Steam)

華氏計溫度 Temperature °F	空處每磅之體積以立方尺計 以三十寸氣壓計為標準 Vacuum referred to a 30 in. ch barometer.	Specific vol. cu. ft. per lb. (V)	液體中在華氏 32°F 以上可量之熱 Sensible heat of the liquid above 32°F (h)	蒸發之潛熱 Latent heat of evaporation. (L)	熵 Entropy. 水 蒸發 Water. Evaporation. (n) (L/T)	
32°	29.8196	3294	0.00	1073.4	0.0000	2.1832
35°	29.7966	2938	3.02	1071.7	0.0062	2.1666
40°	29.7523	2438	8.05	1068.9	0.0162	2.1394
45°	29.6998	2033	13.07	1066.1	0.0262	2.1127
50°	29.6375	1702	18.08	1063.3	0.0361	2.0865
55°	29.5643	1430	23.08	1060.6	0.0459	2.0699
60°	29.4780	1208	28.08	1057.8	0.0555	2.0358
65°	29.3780	1024	33.07	1055.0	0.0650	2.0110
70°	29.2610	871	38.07	1052.3	0.0745	1.9868
75°	29.1270	743	43.05	1049.5	0.0840	1.9631
80°	28.9710	636.8	48.03	1046.7	0.0932	1.9398
85°	28.7910	545.9	53.02	1044.0	0.1023	1.9169
90°	28.5830	469.3	58.00	1041.2	0.1114	1.8944
95°	28.3450	405.0	62.99	1038.4	0.1205	1.8723
100°	28.0740	350.8	67.97	1035.6	0.1295	1.8505
105°	27.7640	304.7	72.95	1032.8	0.1383	1.8292
110°	27.4110	265.5	77.94	1030.0	0.1471	1.8082
115°	27.0130	231.9	82.92	1027.2	0.1559	1.7876

蒸汽表

華氏計溫度 Temperature °F	空 處 以三十寸氣 壓計為標準 Vacuum. referred to a 30 in- ch barom- eter.	每磅之體積 以立方尺計 Specific vol. cu. ft. per lb. (V)	液體中在華 氏 32°F 以 上可量之熱 量 Sensible heat of the liquid above 32°F (h)	蒸發之潛熱 Latent he- at of eva- porati n. (L)	熵 Entropy. 水 蒸發 Water. Evapor- ation. (n) (L/T)	
120°	26.5620	203.1	87.91	1024.4	0.1645	1.7674
125°	26.0520	178.4	92.90	1021.6	0.1730	1.7475
130°	25.48	157.1	97.89	1018.8	0.1816	1.7279
135°	24.84	138.7	102.88	1016.8	0.1900	1.7086
140°	24.12	122.8	107.87	1013.1	0.1984	1.6896
145°	23.33	109.0	112.86	1010.3	0.2067	1.6709
150°	22.43	96.9	117.86	1007.4	0.2149	1.6525
155°	21.45	86.4	122.86	1004.5	0.2231	1.6344
160°	20.35	77.2	127.86	1001.6	0.2311	1.6165
165°	19.14	69.1	132.86	998.7	0.2391	1.5989
170°	17.89	62.0	137.87	995.8	0.2470	1.5816
175°	16.33	55.7	142.87	992.9	0.2550	1.5645
180°	14.71	50.15	147.88	989.9	0.2628	1.5476
185°	12.93	45.25	152.89	986.9	0.2706	1.5310
190°	10.98	40.91	157.91	983.9	0.2783	1.5146
195°	8.85	37.04	162.92	980.9	0.2860	1.4984
200°	6.53	33.60	167.94	977.8	0.2937	1.4824
205°	4.00	30.53	172.96	974.7	0.3012	1.4666
210°	1.24	27.80	177.99	971.6	0.3087	1.4510
212°	0.08	26.79	180.00	970.4	0.3118	1.4447

蒸汽表

華氏計溫 度 Temperature °F	壓力計指示 之壓力 (P) lb. per sq. in. ch gauge.	每磅之體積 以立方呎計 Specific vol. cu. ft. per lb. (V)	液體中之熱 量 Heat of the liquid (h)	蒸發之潛熱 Latent heat of evaporati- on. (L)	熵 Entropy. 水 蒸發 Water. Evapor- ation. (n) (L/T)	
212°	00.00	26.79	180.00	970.4	0.3118	1.4447
215°	00.90	25.35	183.00	968.4	0.3163	1.4354
220°	2.49	23.15	188.10	965.2	0.3238	1.4199
225°	4.21	21.17	193.10	962.0	0.3312	1.4052
230°	6.07	19.39	198.20	958.7	0.3384	1.3905
235°	8.09	17.78	203.20	955.4	0.3458	1.3754
240°	10.27	16.32	208.30	952.1	0.3531	1.3607
245°	12.61	15.01	213.40	948.7	0.3603	1.3465
250°	15.12	13.82	218.50	945.3	0.3675	1.3331
255°	17.83	12.74	223.50	941.9	0.3747	1.3179
260°	20.72	11.76	228.60	938.4	0.3818	1.3040
265°	23.82	10.87	233.70	934.9	0.3888	1.2903
270°	27.15	10.06	238.80	931.4	0.3959	1.2766
275°	30.70	9.32	243.90	927.9	0.4029	1.2629
280°	34.48	8.64	249.00	924.3	0.4098	1.2496
285°	38.54	8.02	254.20	920.5	0.4168	1.2363
290°	42.85	7.46	259.30	916.9	0.4235	1.2232
295°	47.43	6.94	264.40	913.2	0.4304	1.2101

蒸汽表

華氏計溫度 Temperature °F	壓力計指示之壓力 Pressure. (P) lb. per sq. in. ch gauge.	每磅之體積以立方尺計 Specific vol. cu. ft. per lb. (V)	液體中之熱 Heat of the liquid (h)	蒸發之潛熱 Latent heat of evaporation. (L)	熵 Entropy. 水 蒸發 Water. Evapor- ation. (n) (L/T)	
300°	52.30	6.46	269.6	909.5	0.4371	1.1972
305°	57.47	6.03	274.7	905.7	0.4439	1.1844
310°	62.97	5.62	279.9	901.9	0.4507	1.1717
315°	68.79	5.26	285.0	898.0	0.4573	1.1592
320°	74.93	4.91	290.2	894.2	0.4640	1.1468
325°	81.45	4.60	295.4	890.2	0.4705	1.1346
330°	88.30	4.306	300.6	886.3	0.4771	1.1225
335°	95.60	4.035	305.8	882.3	0.4837	1.1103
340°	103.30	3.787	311.0	878.3	0.4902	1.0984
342°	106.50	3.692	313.0	876.7	0.4928	1.0937
344°	109.70	3.600	315.1	875.1	0.4954	1.0889
346°	113.00	3.511	317.2	873.4	0.4980	1.0841
348°	116.40	3.425	319.3	871.8	0.5006	1.0794
350°	119.90	3.342	321.4	870.1	0.5032	1.0748
352°	123.4	3.261	323.5	868.5	0.5058	1.0700
354°	127.0	3.182	325.6	866.8	0.5084	1.0653
356°	130.7	3.105	327.7	865.2	0.5110	1.0607
358°	134.4	3.030	329.8	863.5	0.5136	1.0560



蒸汽表

華氏計溫 度 Temperature. °F	壓力計指示 之壓力 (P) lb. per sq. in. ch gauge.	每磅之體積 以立方尺計量 Specific vol. cu. ft. per lb. (V)	液體中之熱 Heat of the liquid (h)	蒸發之潛熱 Latent heat of evaporati- on. (L)	熵 水 Water. (n)	蒸發 Evapor- ation. (L/T)
360°	138.3	2.957	331.9	861.8	0.5162	1.0514
362°	142.2	2.887	334.0	860.2	0.5187	1.0468
364°	146.1	2.820	336.1	858.5	0.5213	1.0422
366°	150.2	2.754	338.2	856.8	0.5238	1.0377
368°	154.3	2.690	340.3	855.1	0.5263	1.0332
370°	158.6	2.627	342.4	853.4	0.5289	1.0286
372°	162.9	2.567	344.5	851.7	0.5314	1.0240
374°	167.2	2.508	346.6	850.0	0.5340	1.0194
376°	171.7	2.450	348.7	848.3	0.5364	1.0150
378°	176.2	2.394	350.8	846.5	0.5389	1.0105
380°	180.9	2.340	352.9	844.8	0.5413	1.0060
382°	185.6	2.287	355.0	843.1	0.5439	1.0015
384°	190.4	2.236	357.2	841.3	0.5464	0.9971
386°	195.3	2.186	359.3	839.6	0.5488	0.9928
388°	200.4	2.137	361.4	837.8	0.5513	0.9884
390°	205.5	2.089	363.5	836.1	0.5539	0.9840
392°	210.7	2.043	365.6	834.3	0.5565	0.9796
394°	216.0	1.999	367.7	832.5	0.5590	0.9752

蒸汽表

華氏計溫度 Temperature. °F	壓力計指示之壓力 (P) lb. per sq. in. ch gauge.	每磅之體積以立方尺計量 Specific Volume cu. ft. per lb. (V)	液體中之熱 Heat of the liquid (h)	蒸發之潛熱 Latent heat of evaporation. (L)	熵 Entropy. 水 蒸發 Water. Evaporation. (n) (L/T)	
396°	221.4	1.955	369.9	830.7	0.5615	0.9708
398°	226.8	1.913	372.0	829.0	0.5639	0.9685
400°	232.4	1.872	374.1	827.2	0.5663	0.9623
410°	261.6	1.679	384.7	818.2	0.5786	0.9409
420°	293.7	1.510	395.4	809.0	0.5908	0.9198
430°	328.3	1.361	406.2	799.6	0.6029	0.8990
440°	366.1	1.229	417.0	790.1	0.6149	0.8785
450°	406.0	1.110	428.0	780.0	0.6270	0.8580
460°	450.0	1.000	439.0	770.0	0.6390	0.8370
470°	498.0	0.900	451.0	759.0	0.6510	0.8160
480°	550.0	0.810	462.0	748.0	0.6620	0.7960
490°	607.0	0.730	473.0	737.0	0.6740	0.7760
500°	669.0	0.660	484.0	725.0	0.6860	0.7550

以上之蒸汽表係從馬克司與台維司之蒸汽表上錄下

(From Steam Tables of Marks and Davis), 以備計算各問題查閱之用。因此表係照原表縮減, 如工作上所得之蒸汽壓力或蒸汽溫度與表上所載之數互有參差, 則必由兩數中相

差之比例推算。

(一)例如蒸汽壓力計指示之壓力爲 160 磅，求蒸汽之溫度，液體中之熱量及蒸發之潛熱。

查蒸汽表：	壓力計	溫度	液體中之熱量	潛熱
	162.9	372°F	344.5	851.7
	158.6	370°F	342.4	853.4
相差數	4.3	2°F	2.1	-1.7

蒸汽壓力計 160 磅與蒸汽壓力計 158.6 磅相差祇 1.4 磅。則在蒸汽壓力 160 磅上，

$$\text{溫度應等於 } \frac{1.4}{4.3} \times 2 + 370 = 370.65$$

$$\text{液體中之熱量等於 } 342.4 + \frac{1.4}{4.3} \times 2.1 = 343.1$$

$$\text{潛熱等於 } 853.4 - \frac{1.4}{4.3} \times 1.7 = 852.87$$

在實地工作者均採用上法計算與採用繁雜之公式算出者相差不及千份之一，而較之簡易多矣。

## 飽和蒸汽與加熱蒸汽之總數熱量表

Total heat of Saturated and Superheated Steam.

空 處 按30寸之氣壓 計 Vacuum 30 inch Baro- meter	飽和蒸汽之溫 度 Saturated steam Tem- perature. °F	每磅蒸汽中之總數熱量 Total heat of steam over 32°F, B. T. U. per pound. = (h+L+CS) Degrees of Superheat. °F 蒸汽加熱之度數								
		0°	50°	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°
		29	79°	1094	1116	1139	1162	1185	1208	1231
25	134°	1118	1141	1164	1187	1210	1233	1256	1279	1303
20	161°	1130	1153	1176	1199	1222	1245	1268	1291	1315
15	179°	1137	1161	1184	1207	1231	1254	1277	1300	1324
10	192°	1143	1166	1189	1212	1235	1259	1282	1305	1329
5	203°	1147	1170	1194	1217	1240	1264	1287	1310	1334
壓力計上之壓 力 Pressure. lb. per sq. in. gauge.	同 上 Saturated steam tem- perature. °F	同 上								
		0°	50°	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°
		0	212°	1150	1174	1198	1221	1244	1267	1291
5	228°	1156	1180	1203	1227	1251	1274	1297	1321	1345
10	240°	1160	1184	1208	1232	1256	1279	1303	1326	1350
15	250°	1164	1188	1212	1236	1260	1283	1307	1331	1354
20	259°	1167	1191	1215	1239	1263	1287	1311	1334	1358
25	267°	1169	1194	1218	1242	1266	1290	1314	1338	1362
30	276°	1172	1197	1221	1246	1270	1294	1317	1341	1365
35	281°	1174	1199	1223	1248	1272	1296	1320	1344	1367
40	287°	1175	1201	1226	1250	1274	1298	1322	1346	1370

飽和蒸汽與加熱蒸汽之總數熱量表

壓力計上之壓力 Pressure. lb. per sq. n. gauge.	飽和蒸汽之溫度 Saturated steam tem- perature. °F	每磅蒸汽之總數熱量 Total heat of steam over 32°F, B. T. U. per pound. = (h+L+CS). Degrees of superheat. 蒸汽加熱之溫度								
		0°	50°	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°
		45	293°	1177	1203	1228	1252	1276	1300	1324
50	298°	1178	1204	1229	1254	1278	1302	1326	1350	1374
60	309°	1181	1208	1233	1258	1282	1306	1330	1354	1378
70	316°	1183	1211	1236	1261	1285	1309	1333	1357	1381
80	324°	1185	1213	1238	1263	1288	1312	1336	1360	1384
90	331°	1187	1215	1241	1266	1291	1315	1339	1363	1387
100	338°	1189	1217	1243	1268	1293	1317	1341	1366	1390
120	350°	1192	1221	1247	1272	1297	1321	1346	1370	1394
140	361°	1194	1224	1251	1276	1301	1325	1350	1374	1398
160	371°	1196	1227	1254	1279	1304	1329	1353	1378	1402
180	380°	1198	1229	1256	1282	1307	1332	1356	1381	1405
200	388°	1199	1232	1259	1285	1310	1334	1359	1384	1408
250	406°	1202	1237	1265	1290	1316	1341	1365	1390	1415
300	422°	1205	1242	1270	1295	1321	1346	1371	1396	1421
350	436°	1207	1246	1274	1300	1325	1351	1376	1401	1426
400	448°	1208	1250	1278	1304	1330	1355	1381	1406	1431
500	470°	1210	1257	1286	1312	1338	1363	1389	1414	1439
600	489°	1211	1264	1293	1319	1346	1371	1397	1422	1448

爲實地工作者之便利起見茲將蒸汽中所含熱量總數按其壓力及溫度算出列表於前以備隨時查閱之用。惟上表爲簡縮式。有時實地工作上所得之數不能與表上所載者相符，則必由兩點之相差數用比例推算。

例如：蒸汽壓力計上指示之壓力爲 220 磅，蒸汽加熱之溫度爲  $125^{\circ}F$ 。求每磅蒸汽中之總數熱量。

(一)先算加熱溫度相差：

表上所列	壓力	加熱溫度	總數熱量
	200 磅	$100^{\circ}F$	1259 B. T. U.
	200 磅	$150^{\circ}F$	1285 B. T. U.
相差		$50^{\circ}F$	26 B. T. U.

則蒸汽壓力 200 磅加熱溫度  $125^{\circ}F$  應得總數熱量

$$1259 + \frac{25}{50} \times 26 = 1259 + 13 = 1272 \text{ B. T. U.}$$

表上所列	壓力	加熱溫度	總數熱量
	250 磅	$100^{\circ}F$	1265 B. T. U.
	250 磅	$150^{\circ}F$	1290 B. T. U.
相差		$50^{\circ}F$	25 B. T. U.

則蒸汽壓力 250 磅加熱溫度  $125^{\circ}F$  應得總數熱量

$$1265 + \frac{25}{50} \times 25 = 1265 + 12.5 = 1277.5 \text{ B. T. U.}$$

(二)算蒸汽壓力相差：

已算出	壓力	加熱溫度	總數熱量
	200 磅	125°F	1272 B. T. U.
	250 磅	125°F	1277.5 B. T. U.
相差	50 磅		5.5 B. T. U.

則蒸汽壓力 220 磅加熱溫度 125°F 應得總數熱量

$$1272 + \frac{20}{50} \times 5.5 = 1272 + 2.2 = 1274.2 \text{ B. T. U.}$$

其他不列於表上之壓力及加熱溫度均可採用上法以推算每磅蒸汽中所含之總數熱量。

### 五 煤中多氫之損失

以一磅氫置於緊閉之量熱器中而燃燒之，在量熱器中汽體凝結後可發出 62,000 B. T. U. 之熱量。是以若將煤置於一緊閉之器中燒之，則煤中愈多氫而熱值愈高。因在緊閉之量熱器(Bomb Calorimeter)中由燃燒氫合氧所得蒸發之潛熱皆加入煤之熱值。若將氫燃燒於汽鍋之爐中則此項蒸發之潛熱並此項汽體加熱至爐中氣體(Flue gas)中溫度之

熱值均由煙突逸出而耗失矣。故計算煤之熱值必須減除一部份氫之熱值。在熱量平衡之計算中則列入熱量丟失之項下。此項熱量之丟失係隨爐中氣體之溫度而增，無可避免。

煤中因多氫而損失之熱量可用以下之公式算出之。

$$\text{煤中含氫之損失} = 9H[212 - t + 970.4 + .47(T - 212)]$$

$H$  = 每磅乾煤中所含之氫以磅計。

$t$  = 煤未入爐前之溫度以華氏溫度計算。

$T$  = 爐中氣體入煙突時之溫度以華氏溫度計算。

有時數種煤之熱值相等，一經燃燒則蒸發蒸汽之量數常有相差至百分之三或百分之四，因所含氫之成份不同也。若煤中含氫之成份多在緊閉之量熱器中燃燒則熱量大。如入汽鍋之爐中燃燒則熱量因含氫之丟失反多也。

例如：甲乙兩種煤之熱值皆為每磅 13,560 B. T. U. 甲種含氫 2.5%，乙種含氫 10%，汽鍋房中之溫度皆為華氏八十度，氣體入煙突時之溫度均為華氏五百度，求以上兩種煤因含氫而丟失之熱量數。

甲種煤之丟失為

$$9 \times 0.025 [212 - 80 + 970.4 + 0.47(500 - 212)]$$



$$= 0.225(1237.76) = 278.5 \text{ B. T. U.}$$

乙種煤之丟失爲

$$9 \times 0.10 [212 - 80 + 970.4 + 0.47(500 - 212)]$$

$$= 0.90(1237.76) = 1113.98 \text{ B. T. U.}$$

甲種煤之丟失較煤之原有熱值爲

$$\frac{278.5}{13500} \times 100 = 2.06\%$$

乙種煤之丟失較原有煤之熱值爲

$$\frac{1113.98}{13500} \times 100 = 8.25\%$$

是乙種煤較甲種煤之蒸發量低減(8.25-2.06)爲6.19%，即百分之六有奇。

煤中所含揮發物(Volatile Matter)成份多者則含氫亦多。故在實地工作者擇煤須慎也。

## 六 損失於出氣中之熱量

當爐中氣體由煙囪走出時，其中所含之熱量即全行丟失，此項丟失之熱量與氣體之溫度互相增減。若爐牆有漏氣之處，則此項丟失之熱量亦增。即經小心管理之汽鍋砌置上常有空氣漏入，損失於出氣中之熱量爲各項損失中之最大

者。汽鍋工作上能節省最大之耗費之處厥惟減小煙囪中出氣之溫度。此項損失至大者皆由於汽鍋內有水滲外蔽煙突使其不能吸收多數之熱量，或隔板通漏，砌置處漏空氣，或燒煤法不良均有增加此項熱量損失之處。然此項缺點一經仔細考察即可糾正（已詳前）。

熱量之丟失由煙囪出氣帶去者，須按以下之公式計算。

損失於出氣中之熱量為

$$0.24 W(T-t)$$

$W$  = 每磅乾煤由燃燒而發生氣體之磅數。

$T$  = 氣體入煙突時之溫度以華氏計  $^{\circ}F$ 。

$t$  = 汽鍋房之溫度以華氏計  $^{\circ}F$ 。

0.24 = 爐中氣體之平均比熱數。

氣體之重量  $W$  須照以下之公式計算：

$$W = \frac{[11CO_2 + 8O_2 + 7(CO + N_2)](C - C_r)}{3(CO_2 + CO)}$$

$CO_2, O_2, CO$ ，與  $N_2$  為爐中氣體內所含各種氣體之分數，由氣體分析所得，二氧化碳，氧，一氧化碳及氮。

$C$  = 乾煤中所含碳素之分數由煤之分析所得。

$C_r$  = 灰中所含碳素由灰之化驗所得按乾煤之分數算。

因  $CO_2 + O_2 + CO + N_2 = 1$ , 則以上之公式可改作下式。

$$W = \frac{(4CO_2 + O_2 + 7)(C - C_r)}{3(CO_2 + CO)}$$

例如：在汽鍋工作時間內，入煙囪之氣體分析平均為  $CO_2 = 10.4\%$ ,  $O_2 = 5.5\%$ ,  $CO = 0.3\%$ 。煤之分析以乾煤作標準所得碳素為  $78.5\%$ , %灰之成份為  $9.8\%$ 。爐灰之化驗所得內含碳素為  $30\%$ , 汽鍋房之溫度為華氏  $75^\circ F$ 。氣體入煙囪時之溫度為  $480^\circ F$ 。求煙囪出氣中帶去之熱量數。若每磅乾煤之熱值為  $14200 B. T. U.$  則丟失之熱值為煤之熱值若何之百分比。

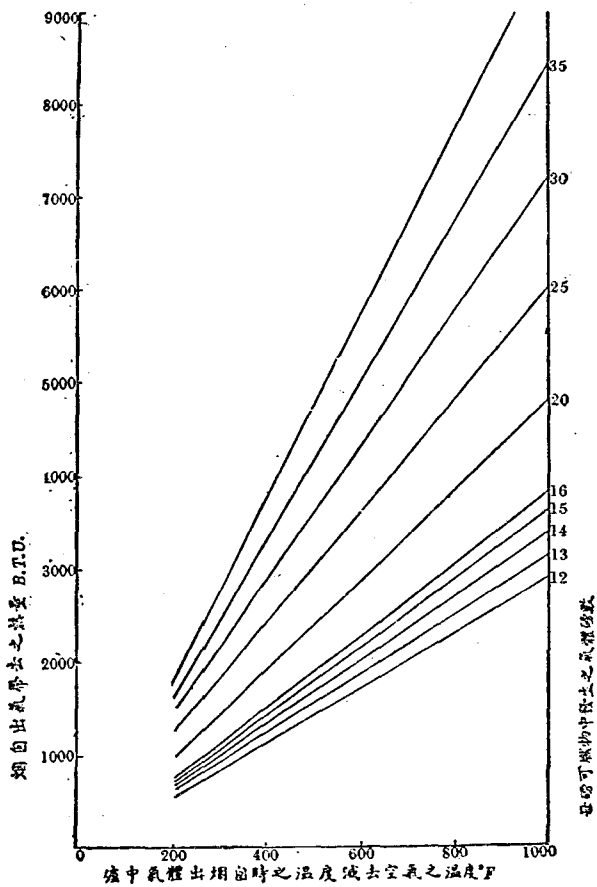
氣體重量按上題以每磅乾煤計算：氣體中所含如下

$CO_2 = 0.104$ ,  $O_2 = .055$ ,  $CO = 0.003$ 。煤中所含碳素 =  $0.785$ 。灰

中所含之碳素照每磅乾煤之分數 =  $0.098 \times 0.3 = 0.0294$

$$\begin{aligned} W &= \frac{(4CO_2 + O_2 + 7)(C - C_r)}{3(CO_2 + CO)} \\ &= \frac{(4 \times 0.104 + 0.55 + 7)(0.785 - 0.0294)}{3(0.104 + 0.003)} \\ &= \frac{(7.471) \times 0.7556}{3 \times 0.107} = \frac{5.6456876}{0.321} = 17.61 \text{ 磅} \end{aligned}$$

第四十六圖表



$$\begin{aligned} \text{熱量之丟失爲 } 0.24W(T-t) &= 0.24 \times 17.61(480-75) \\ &= 1711.69 \text{ B. T. U.} \end{aligned}$$

較煤之熱值爲

$$\frac{1711.69}{14200} \times 100 = 12.05\%$$

第四十六圖表指示煙囪出氣帶去之熱隨氣體之重量及溫度增減，用以對查，可減省一部份之計算。

設照上例算出氣體之重量爲 17.6 磅，氣體之溫度高出空氣溫度爲  $(480-75)=405^{\circ}F$ 。

先由  $405^{\circ}F$  直線向上在氣體 20 及 15 磅之間估計 17.6 磅斜線地位由此橫線查丟失之熱量爲 1700 B. T. U. 相差甚微也。

### 七 一氧化碳之損失

爐中發生一氧化碳之損失甚大。如燃燒不完善或空氣供給不足即有一氧化碳之發生。現代工廠之汽鍋房中均裝置有自動二氧化碳記載器(Automatic  $CO_2$  Recorder)，故管理汽鍋者隨時覺察若爐中發生一氧化碳。如管理之法完備

則每日平均之一氧化碳成份常不過千份之三，因之此項損失甚小也。在小規模之工廠中管理人亦宜備有奧撒忒氣體分析器（見前）一具價既低廉用法簡易。用之隨時分析爐中氣體，一氧化碳之成份自能減小，而燃料亦因之減省矣。

因發生一氧化碳而損失之熱量可用以下之公式計算。

$$\text{一氧化碳之損失爲 } 10, 150 \times \frac{CO}{CO_2 + CO}$$

$CO^*$  = 爐中氣體中之一氧化碳成份。

$CO_2$  = 爐中氣體中二氧化碳成份。

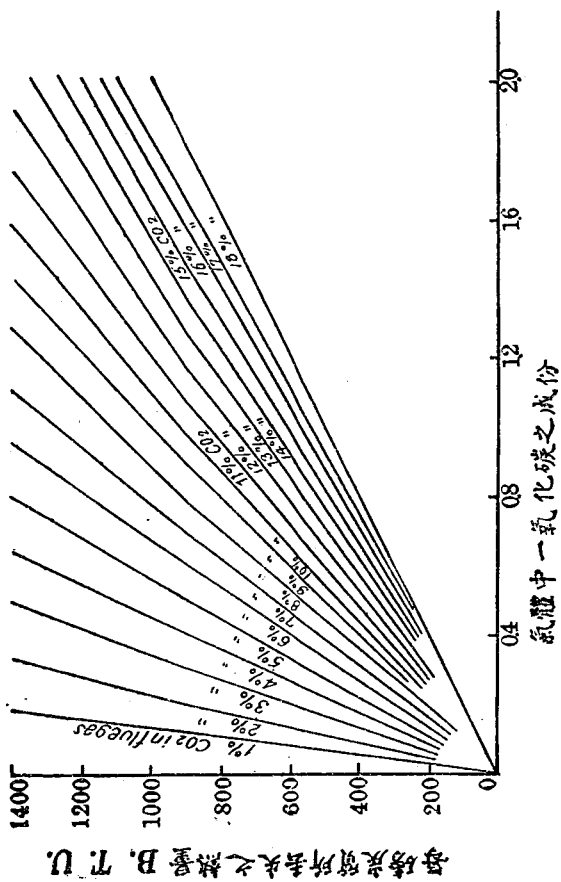
例如：每日汽鍋工作所得  $CO_2$  平均 13.5%， $CO$  平均 0.3% 求熱量因一氧化碳之損失。

熱量因一氧化碳而損失爲

$$10, 150 \times \frac{0.3}{13.8} = 235.15 \text{ B. T. U.}$$

以上丟失之熱量係根據二氧化碳成份而增減，若二氧化碳之成份加增，則因一氧化碳丟失之熱量減少。然照實驗所得之結果，二氧化碳之平均成份在百份之十五及百份之十六爲最經濟。若超過此數則一氧化碳之成份必增，因空氣之供給不足也。

第四十圖表



以上圖表可用以查閱因一氧化炭之熱量丟失數。設一氧化炭之成份爲 0.4%，同時二氧化碳爲 14%，則由一氧化炭 = 0.4% 上直線向上至二氧化碳斜線至 14% 由此橫線查每磅碳素所丟失之熱量爲 420 B. T. U.

## 八 灰中含煤之損失

每日汽鍋工作後以所燒煤之重量與爐中所出灰之重量相比作爲煤中含灰之成份此爲吾國北方各工廠採用之計算法。焉知實際上則大謬，蓋爐中出灰量增多皆由於伙夫治火不良之結果，而與煤中原來包含灰之成份兩不相關。現代之工廠欲求經濟之工作法則必檢選煤樣而用適當之法以分析之（見前）。以由分析所得煤中含灰之成份與實在爐中所出灰之成份相比則知灰中所含未經燃燒之碳素量數。其弊竇之所在因之明顯。管理其事者即可從而改善之。既知灰中含碳素之成份則每磅燃料中因而丟失之熱量易於計算矣。

每磅乾煤中因灰中含煤而丟失之熱量爲

$$14,600(R - A)$$

$R$  = 每磅乾煤燃燒後爐中所出灰以磅之分數計。



$A$  = 每磅乾煤原含灰之成份（由分析所得）以磅之分數計。

例如：汽鍋用煤由分析所得灰之成份為 15.20%，燃燒後爐中所出之灰合計為 20.10%，均以每磅乾煤為標準，求因灰中含煤而丟失之熱量。

每磅乾煤中因灰中含煤而丟失之熱量為

$$\begin{aligned} & 14600(0.201 - 0.152) \\ & = 14600 \times 0.049 = 715.40 \text{ B. T. U.} \end{aligned}$$

若在大規模之工廠中，則爐中所出之灰亦必須經過化驗以定灰中含灰之確數而後計算則較準也。

化驗爐灰之法如下：

先取爐中所出灰樣塊粉各半約十磅，晾乾後研成極細粉過細篩後再拌勻，再入電爐烘乾。

用瓷坩鍋 (porcelain crucible) 六隻，先將空坩鍋在極準之天秤上稱準，然後稱入每隻坩鍋內灰粉一克 (one gram) 稱準後將坩鍋置在本生氏之火上或其他強烈之火上燒之，俟坩鍋中碳素餘粒均經燒盡而成白色灰為止，將坩鍋由火上移入再置於玻製之收濕器 (Desiccator) 內俟冷透再用天

秤稱之，所丟失之重量則為灰中所含之碳素。以六隻坩鍋內所輕去之重量平均之，得數較確。

設坩鍋重 12.56 克。 坩鍋連乾灰重，13.56 克。

灰中所含碳素燒盡後坩鍋連灰重， 13.49 克。

則合計每一克乾灰輕去 0.07 克，即灰中含有經燒燃之碳素為百分之七即 7%。

每磅乾煤中因而丟失之熱量可用下式計算。

每磅乾煤中因灰中含碳而丟失之熱量為

$$14600 \times C \times R。$$

$R$  = 每磅乾煤燃燒後所出灰以磅之分數計。

$C$  = 灰中所含碳素以分數計(例 7% 即  $\frac{7}{100}$ )。

此項碳素未經燃燒而落入灰中者在實地工作時無可避免。不過工作完善則量數減小。在最完善之工作下，灰中所含未經燃燒之碳素恆未超過百分之一的煤之熱值。工作不完善者熱量因灰中含有未經燃燒之碳素而丟失者可達百分之二十煤之熱值。

普通工廠中管理適當則煤中之碳素未經燃燒而落入灰中不過全數百分之五。

管理工廠者必須隨時監理及指導伙夫命其小心清火及耙火，並不可耙火太勤。所選用之煤必須合用於爐之構作，若爐條離縫太稀則細煤粉必由其落入灰坑，若管理適當則灰中所含未經燃燒之碳素約百分之十或百分之十五，（按煤之分析所得灰之成份比）熱量因之而丟失者不過佔所燃燒煤熱值百分之二。

煤中所含灰之成份不同者，其熱量因燃燒時爐灰中含有未經燃燒之碳素而丟失者亦互有上下。煤中含灰之成份多者其熱值小，而燃燒時爐灰中所含未經燃燒之碳素成份亦多，熱量之丟失亦隨之而增矣。

欲減小以上之損失必須注意下列各節。因灰中含有未經燃燒之碳素而損失之熱量加多，皆由於未曾考慮以下各項。

- (一)煤之等級及其是否合用。
- (二)汽鍋及其裝置是否完善。
- (三)燒火之法是否適用。
- (四)伙夫清火時是否不使生煤落入灰坑。
- (五)耙火時是否特加小心。

(六)是否耙火太勤。

除此之外汽鍋房所用之火棒火耙是否堅固而兼輕便。若器械笨重則工作不便矣。

第四十八圖表用以查檢灰中含有未經燃燒之碳素而損失之熱量數極為簡便。

用法如下，例如由煤之分析所得：每磅乾煤之熱值為 12,515 *B. T. U.* 灰之成份為 12%，灰之化驗所得，灰中所含未燃燒碳素之成份為 20% 求熱量損失數。

由灰中含煤 20% 起點直線向上至曲線灰份 12%，由此橫線至直線代表煤之熱值，讀斜線為燃料丟失之百分數，查為 3.4%。

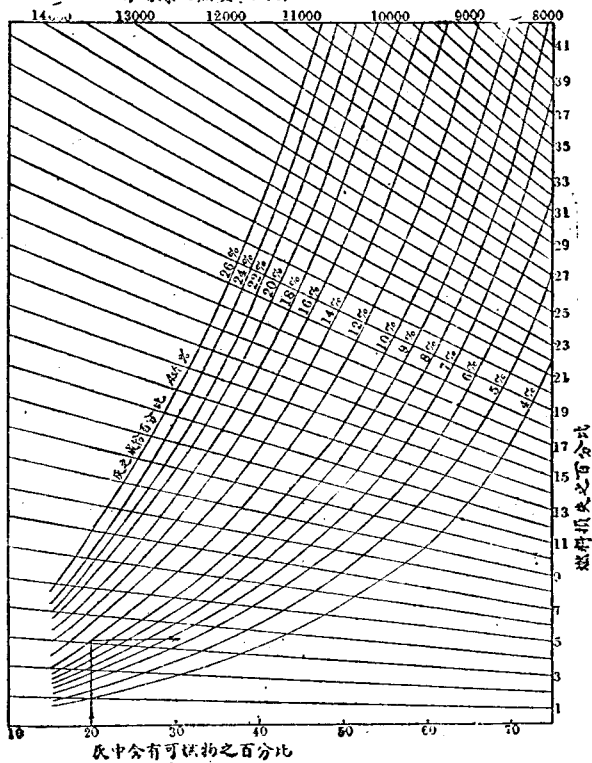
則熱量損失數為  $\frac{3.4}{100} \times 12515 = 425.51 \text{ B. T. U.}$

## 九 因空氣中含濕度之損失

空氣中常含有濕度其量數之多寡係隨空氣之壓力與溫度而更變。此種潮濕之空氣入爐則水份化為蒸汽，再須增其溫度與爐中氣體之溫度相若然後從煙囪中走出，熱量因之丟失者，與煤中因含水份而丟失者其理由相同。

第四十八圖表

每磅煤之熱值 B.T.U.



每磅空氣中所含濕度之量數可用下表以空氣中潮濕之成份 (per cent relative humidity) 乘之即得。空氣中潮濕之成份或得之於氣象報告，或自行儀器量度，普通之測濕計 (Hygrometer) 亦適用。

每磅乾煤因供給燃燒之空氣中之潮濕而丟失之熱量為  $MW \times 0.47(T-t)$ 。

$M$  = 每磅空氣所含之潮濕以磅數計。

$W$  = 每磅乾煤所得空氣供給之磅數。

$T$  = 爐中氣體入煙囪時之溫度。

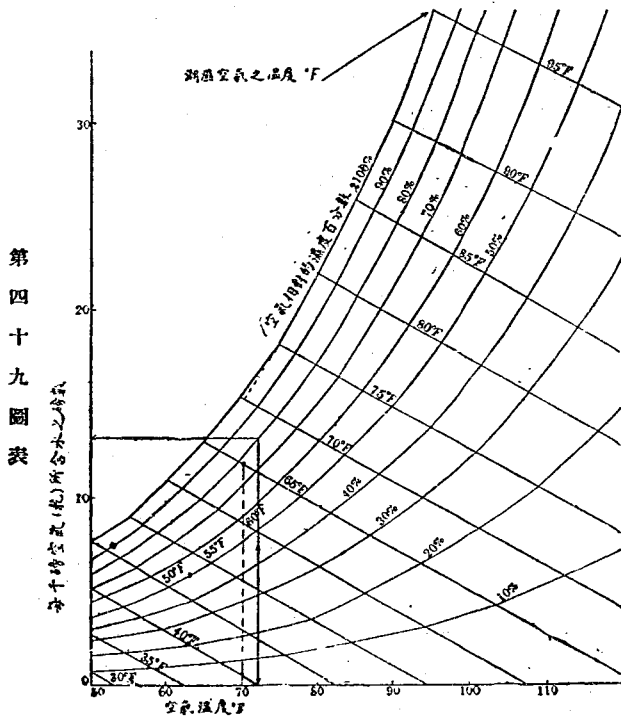
$t$  = 汽鍋房之溫度。

0.47 = 汽體之比熱。

計算空氣中之潮濕量數可用下表及第四十九圖表對核。廠中須裝有測濕計 (Hygrometer) 以知空氣中之相對的濕度成份 (% relative humidity)。

飽和空氣中含水之量數  
(weight of water vapour in saturated air)

空氣溫度 Temperature °F	每立方尺之空氣與水氣混合磅數			每磅空氣中 之水氣重量 Weight of vapour per pound of air.
	Air 空氣磅數	Vapour 水氣磅數	Total 總數	
0	.0863	.000079	.086379	.00092
12	.0840	.000130	.084130	.00155
22	.0821	.000202	.082302	.00245
32	.0802	.000304	.080504	.00379
42	.0784	.000440	.078840	.00561
52	.0766	.000627	.077227	.00819
62	.0747	.000881	.075581	.01179
72	.0727	.001221	.073921	.01680
82	.0706	.001667	.072267	.02331
92	.0684	.002250	.070717	.03259
102	.0659	.002997	.068897	.04547
112	.0631	.003946	.067042	.06253
122	.0599	.005142	.065046	.08584
132	.0564	.006639	.063039	.11771



用以上之圖及表算空氣中所含濕度法：表上所載者為空氣所能包含絕對之濕度(Absolute humidity)。

設空氣之溫度為  $72^{\circ}F$ 。查第五行每磅空氣中所能包含



之潮濕量爲 .01680 磅，以此數乘相對的濕度成份(Relative humidity) 即得空氣中實在所含潮濕之量數。設此時相對的濕度的成份爲 80%，則每磅空氣中實在所含之潮濕爲

$$\frac{80}{100} \times .01680 = .01344 \text{ 磅,}$$

如空氣之溫度爲其他未列入表者則必用兩點相差之數，用比例計算之。

例如：空氣之溫度爲  $68^{\circ}F$ ，空氣中之相對的濕度成份爲 85%，求空氣中實在所含之潮濕量數。

查表上所載，	空氣之溫度	每磅空氣中之潮濕量
	$72^{\circ}F$	.01680
	$62^{\circ}F$	.01179
相差	$10^{\circ}F$	.00501
相差	$1^{\circ}F$	.000501

則空氣溫度  $68^{\circ}F$  則空氣中實在所含之潮濕量爲

$$\frac{85}{100} \times (.01179 + 6 \times .000501) = 0.0125766 \text{ 磅。}$$

用第四十九圖表法：算空氣中所含潮濕之實在量數，設如空氣之溫度爲  $72^{\circ}F$ ，相對的濕度成份爲百分之八十，先由空氣  $72^{\circ}F$  之溫度地點直線向上至相對的濕度 80%，

由此橫線查潮濕實在量數爲每磅空氣中得 0.0134 磅，與算出數相符。

第四十九圖表亦可用以查相對的濕度成份 (Relative humidity)。

用華氏溫度計兩枝，其一枝用以量空氣之溫度，其另一枝之裝水銀之頭上裹以薄紗布條，並將紗布之一端浸入水中以量潮濕空氣之溫度。此爲簡單式之測空氣中潮濕計 (Simple hygrometer)。

設乾燥之溫度計 (Dry bulb) 上溫度爲  $70^{\circ}F$ ，潮濕之溫度計 (Wet bulb) 上溫度爲  $65^{\circ}F$ 。可用第四十九圖表查空氣實含之潮濕量數。

先由空氣溫度  $70^{\circ}F$  上直線至潮濕溫度  $65^{\circ}F$  斜線上，視曲線間之相對的濕度成份爲 77%。

#### 十 因汽裝置不善之損失

此項下所丟失之熱量至爲複雜，其中包括未經燃燒之氫及未經燃燒之碳化氫而被氣體帶出煙囪者，及由汽鍋及鑄縫中漏出及輻射之熱量等。有時因觀察疎忽而所記載之

數均有參差。因此項丟失之熱量不易計算，故均應列入不計算之丟失項下 (Loss Unaccounted for)。此項熱量丟失之數則等於每磅乾煤中所含之熱值減去汽鍋所吸收者並以上之丟失後之相差數。

大約此項下所丟失之熱量不能超過以下所列之數。

(一)小號汽鍋工作輕減者約煤之熱值 12% 至 15%。

(二)中號汽鍋工作平均量率者約煤之熱值 7% 至 8%。

(三)大號汽鍋工作量率增高者約煤之熱值 2% 至 3%。

因汽鍋裝置不善等而丟失之熱量計算如下。

例如：每磅煤之熱值為 13,500 *B. T. U.*，被汽鍋吸收者為 9,500 *B. T. U.*，因煤中潮濕而丟失之熱量為 120 *B. T. U.*。因煤中多氫之丟失熱量為 1,120 *B. T. U.*。損失於出氣中之熱量為 1450 *B. T. U.*。因一氧化碳而損失之熱量為 95 *B. T. U.*，因灰中含煤而損失之熱量為 600 *B. T. U.*。因空氣潮濕而丟失之熱量為 75 *B. T. U.*。求汽鍋裝置不善而丟失之熱量。

丟失之熱量為

$$13500 - (9500 + 120 + 1120 + 1450 + 95 + 600 + 75)$$

$$= 13,500 - 12,960 = 540 \text{ B. T. U.}$$

### 十一 效果（即效率）

機械或器械效率之定義即用以工作機械或器械之能力與由機械或器械工作而發生之能力相比例。汽鍋之效率須合各部計之方為合理。若汽鍋之本身即 Boiler，並爐子即 Furnace，與爐面即 Grate，係與汽鍋共同工作。汽鍋之效率係計其由爐中吸收熱量之多寡。爐子之效率係計其燃燒煤料是否完善。爐面之效率即計其在爐面上之煤被燃盡者及漏落灰坑中者相較。合計以上各部之效率謂之連合效率，即 Combined efficiency of boiler, furnace, and grate. 或稱之為合計效率即 The overall efficiency. 現代之工廠均採用之以計算汽鍋工作之優劣。

連合效率之計算係以每磅燃燒之煤或每磅乾煤（即由燃燒煤減去煤中所含水份計算）中所含之熱值為單位以比例汽鍋所吸收之熱量。茲列公式於下以供計算之便。

$$\text{汽鍋連合效率} = \frac{W(h + L + CS - f)}{DH}$$

$W$  = 每日在汽鍋工作期間內所蒸發水之磅數。

$D$  = 每日在汽鍋工作期間內所燃燒煤之磅數。

$h + L + CS$  = 每磅蒸汽中所含之熱量按汽鍋之壓力及蒸汽之溫度計（查蒸汽表）。

$f$  = 汽鍋用水入汽鍋時，每磅水中所含之熱量。

$H$  = 每磅煤中之熱值。

例如：有某工廠共須工作每日二十四時，用二千四百匹馬力汽鍋一具，汽鍋每日共燒煤二十四萬六千磅，蒸發水二百四十八萬磅，煤之熱值每磅為 13,810 *B. T. U.* 蒸汽壓力計指示平均數為 160 pounds gauge. 蒸汽溫度平均 470.8 *F.* 汽鍋用水平均溫度為 220° *F.* 求汽鍋連合效率。

答案：蒸汽壓力表 160 磅則蒸汽溫度為 370.8° *F.* 蒸汽加熱溫度為  $(470.8 - 370.8) = 100° F$  superheat. 查蒸汽表按壓力計 160 磅及蒸汽加熱溫度為 100° *F.* superheat 則查算每磅蒸汽所含總數之熱量  $(h + L + CS) (= 1254 \text{ B. T. U.})$

每磅汽鍋用水中所含熱量為  $220.32 = 188 \text{ B. T. U.}$

$$\begin{aligned} \text{汽鍋連合效率} &= \frac{W(h + L + CS - f)}{DH} \\ &= \frac{2,480,000(1254 - 188)}{246,000 \times 13810} = 0.7779 \end{aligned}$$

即 77.79%

熱量平衡之重要及其在實地工作時價值已詳述於前。  
茲將上例製平衡表 (Heat balance Sheet) 式於下以供採用。下錄摘要：

汽鍋：皮氏水管式 B. & W. Water-tube boiler. 馬力：2,400 工作期間：24 小時，工作量率；137% rating.

所燒煤之化驗如下：碳素：76.87%，氫：5.31% 灰份：7.19% 水份 1.80% 每磅熱值：13,810 B. T. U.

共燒煤 246,000 磅，共出灰 21,375 磅。

爐中氣體之分析：以 24 小時平均數：二氧化碳 14.6% 一氧化碳 0.36% 氧 3.30%，氮=81.74%

共蒸發水：2,480,000磅，蒸汽計示壓力 160 磅，蒸汽加熱溫度：100°F super-heat.

平均汽鍋用水溫度：220°F (Feed water temperature).

平均煙突所出氣溫度：560°F (Uptake flue gas temperature)

平均汽鍋房溫度：72°F,

空氣中相對濕度：63% (Relative humidity)

(註 計算熱量平衡表或以所燃煤作標準或以乾煤作標準)

普通工廠中計算熱量平衡表均用乾煤作標準。

先將以上諸項元素與乾煤相比之成份，再從而計算。

按照以上煤之化驗，水份為1.80% 則乾煤占 98.2% 以乾煤作標準須將所燒煤之化驗各項元素以 0.982 除之，並將所燒煤之磅數減除水份計算。

$$\text{以乾煤作標準：則碳素} = \frac{76.87\%}{0.982} = 78.30\%$$

$$\text{氫} = \frac{5.31\%}{0.982} = 5.41\% \quad \text{灰份} = \frac{7.19\%}{0.982} = 7.32\%$$

$$\text{水份} = \frac{1.80\%}{0.982} = 1.83\%$$

$$\text{每磅乾煤熱值} = \frac{13810}{0.982} = 14,090 \text{ B. T. U.}$$

$$\text{所燒乾煤磅數} = 246,000 \times 0.982 = 241,500 \text{ 磅。}$$

$$\text{爐中出灰與乾煤相比} = \frac{21375}{241500} \times 100 = 8.88\%$$

$$\text{灰中所含未被燃盡之碳素} = 8.88 - 7.32 = 1.56\%$$

(一)被汽鍋吸收之熱量(查蒸汽表)

$$= \frac{2,480,000(1254 - 188)}{241,500} = 10,960 \text{ B. T. U.}$$

$$\frac{10,960 \times 100}{14090} = 77.79\%$$

$$(二) \text{因煤中含水丢失之熱量} = 0.0133[212 - 72 + 970.4 + 0.47(560 - 212)] = 23 B.T.U. = \frac{23 \times 100}{14090} = 0.16\%$$

$$(三) \text{因煤中多氫丢失之熱量} = 9 \times 0.0541 \times [212 - 72 + 970.4 + 0.47(560 - 212)] = 609 B.T.U.$$

$$= \frac{609 \times 100}{14090} = 4.32\%$$

$$(四) \text{由煙囪出氣帶去之熱量} = 0.24 \times 13.36(560 - 72) = 1565 B.T.U.; \frac{1565 \times 100}{14090} = 11.10\%$$

氣體重量算法：

$$\text{每磅煤需空氣供給磅數} = 3.036 \times P \left( \frac{N_2}{CO_2 + CO} \right)$$

$P =$  每磅煤中被燃燒之碳素  $N_2 =$  氮%

$$\begin{aligned} \text{則空氣磅數} &= 3.036(0.7830 - 0.0156) \times \frac{.8174}{0.1496} \\ &= 12.45 \text{ 磅} \end{aligned}$$

每磅乾煤減去灰其餘燒成氣體者  $(1 - 0.0888) = 0.9112$   
磅；共成氣體為  $12.45 + 0.9112 = 13.36$  磅有奇。

$$(五) \text{因一氧化碳而丢失之熱量} = 0.7830 \times 10,150$$

$$\times \frac{0.0036}{0.1460 + 0.0036} = 193 B.T.U.; \frac{193 \times 100}{14090} = 1.37\%$$

(六) 因灰中含有未經燃燒碳素而丢失之熱量



$$= 14,600 \times 0.0156 = 246 B.T.U.; \frac{246 \times 100}{14090} = 1.75\%$$

(七) 空氣潮濕而丟失之熱量 (Relative Humidity

$$= 63\% \text{ at } 72^\circ F.) = 0.0168 \times 0.63 \times 12.45 \times 0.46$$

$$(560 - 72) = 29 B.T.U.; = \frac{29 \times 100}{14090} = 0.21\%$$

(八) 不列入計算之熱量丟失 = 14090 - (10960 + 23

$$+ 609 + 1565 + 193 + 246 + 29) = 465 B.T.U.$$

$$\frac{465 \times 100}{14090} = 3.30\%$$

註 讀者如對於以上之計算有不明瞭之處煩查對前已詳述之熱量丟失計算式。

### 熱量平衡表 Heat balance sheet.

24年5月27日 汽鍋號數 No. 5 工作量率 137% 工作時間 24小時

熱量入數

熱量出數

名稱 Name.	熱量 B.T.U.	百分數 Per cent.	名稱 Name.	熱量 B.T.U.	百分數 Per cent.
每磅乾煤	14,090	100%	汽鍋吸收	10,960	77.79%
煤名 半煙煤			煤中含水丟失	23	0.16%
礦山 長興			含氫丟失	609	4.3%
礦素 78.30%			煙肉出氣丟失	1,565	11.10%
氫 5.41%			一氧化碳丟失	193	1.37%
水份 1.83%			灰中含礦素丟失	246	1.75%
灰份 7.32%			空氣潮濕丟失	29	0.21%
總計	14,090	100%	不計算之丟失	465	3.30%
			總計	14,090	100%

查看以上之平衡表各項丟失尚屬合理。如煤中含氫較少則此項下熱量之丟失數可以減小。煙囪中出氣之溫亦略高；若將汽鍋及管子內外慎加清潔，則被汽鍋吸收之熱量加增而煙囪出氣之溫度可以減低，而汽鍋之效率尚能增加百分之一或百分之二。

美國有數家工廠採用機械師會所定考察汽鍋之定律，以爐中所燃燒之可燃物(*combustible burned*)為標準以計算汽鍋之效率，此項效率可稱之為汽鍋與爐子之連合效率。若是則未經燃燒而漏落灰坑之煤可以不列入計算矣。

煤中除去水份與灰份並爐灰中所含未被燃燒之煤則為爐中所燒之可燃物。燃料中之熱值則以每磅可燃物計算。設如每磅煤之熱值為 13,500 *B. T. U.* 水之成份為 2.5%，灰之成份為 9.4%，則每磅煤中淨得可燃物  $1 - (0.025 + 0.094) = 0.881$  磅。則每磅可燃物之熱值為

$$13,500 \div 0.881 = 15,323.5 \text{ B. T. U.}$$

若以爐中所燒之可燃物為標準，以計算汽鍋與爐子之連合效率，祇可用以比較各汽鍋構作之優劣，而不合實地工作之用。因其不能顯示煤之優劣及伙夫之工作良善與否

及汽鍋之漏卮所在。故大工廠中仍採用汽鍋與爐子並爐面之連合效率，而以每磅乾煤所含之熱值為標準，易於察看缺點所在以糾正之，若是則汽鍋房之管理完善矣。

## 十二 用各種煤所得之效果

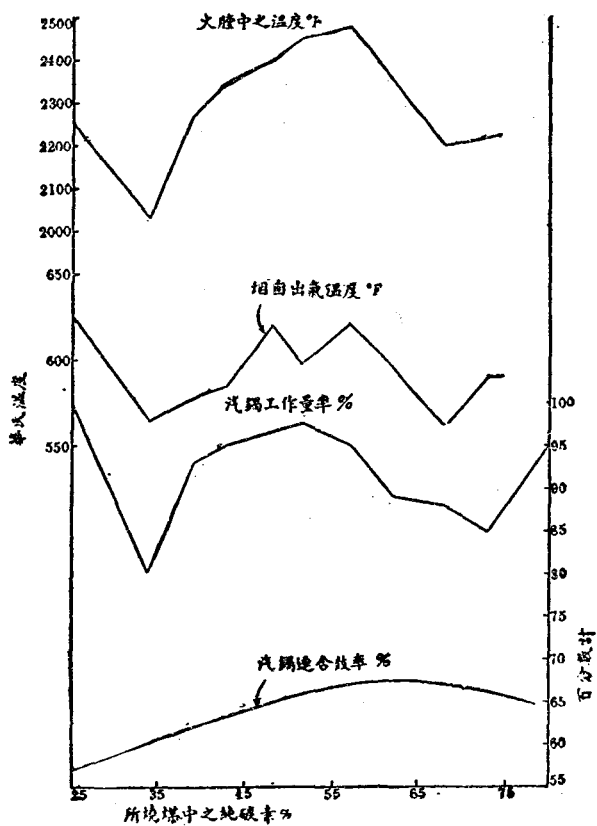
汽鍋中所燒煤之種類與其效率上有莫大之關係。用含揮發物 (Volatilo matter) 多者之煤，其所得汽鍋之效率則不及煤中含多量之純碳素者為佳。若用人工燒火則不能蒸發多量之揮發物，汽鍋之效率因之而減，不計算之熱量丟失因之而增矣。

以下之圖表係燒各種煤所得之結果，用以參考與實地工作者不無裨益。

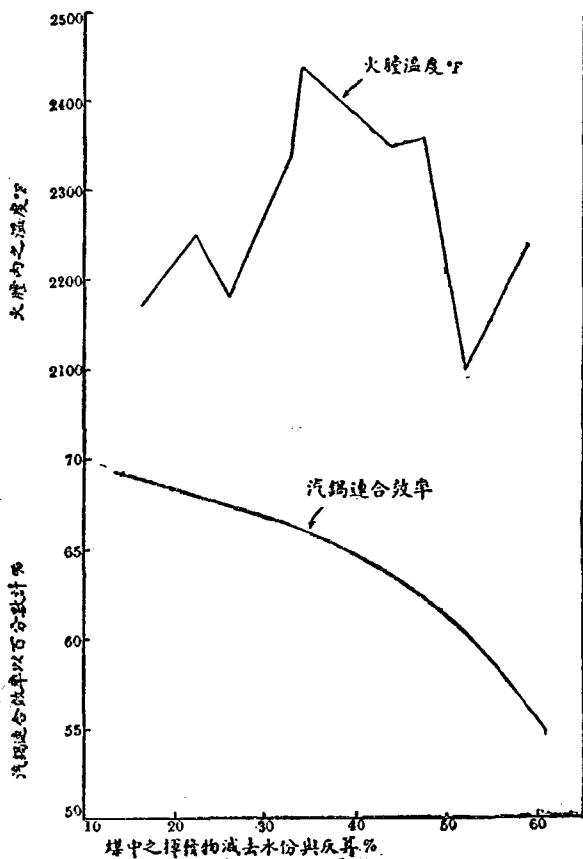
第五十圖表顯示用不同成份純碳素之煤所得之效率。汽鍋為水管式，用人工燒火，汽鍋工作之量率及純碳素成份最佳點何在，可一望而知矣。

第五十一圖表係用不同成份揮發物作單位以顯示不同之汽鍋效率。揮發物加增則效率低降，因其不易燃燒也。由圖表中觀察，煤中所含揮發物在百分之十及百分之十五之

第五十圖表



第五十一圖表



間者爲最佳。揮發物之成份由百分之二十增至百分之六十，則汽鍋之效率由百分之六十八降落至百分之五十六，且燒多含揮發物之煤極不易也。

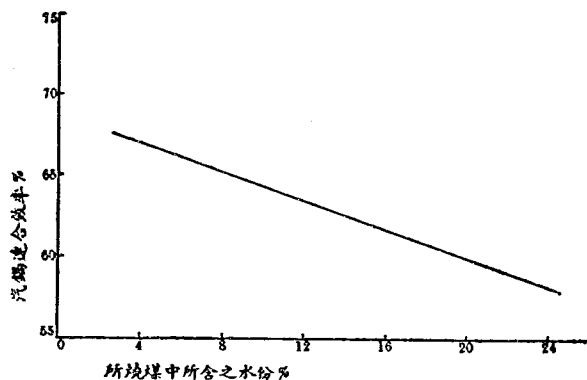
第五十二圖表顯示汽鍋連合效率由百分之六十七降落至百分之五十九，當煤中之水份由百分之三增至百分之二十三。此圖表係根據美國礦務局所得之結果。煤之等級則不計也。煤中含水多者則灰亦多，故所得之結果即煤中含水並灰之成份並計也。

第五十三圖表顯示乾煤中所含灰之成份由百分之二增至百分之二十一，則汽鍋之連合效率由百分之六十五有奇降落至百分之六十一有奇。此項效率係連爐面計算故其低降比較顯著。因效率由灰份多而降落者尙微，故用灰份多之煤尙可得略高之汽鍋效率惟甚不易耳。

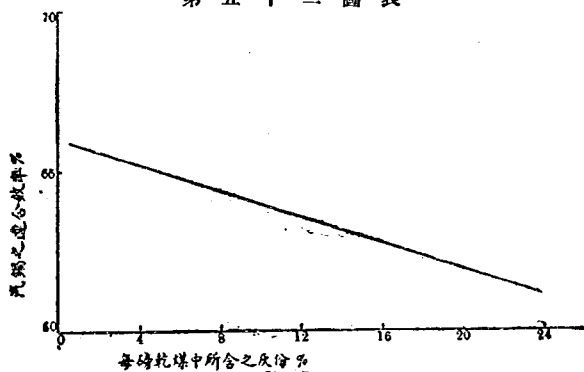
由以上之圖表參考，則可知最適用於汽鍋之煤，須含有約百分之七十爲純碳素，約百分之十五爲揮發物，水份不過百分之二，灰份不過百分之十三。純碳素可以增加，揮發物可以減少然不宜少於百分之十。煤中之水份切不可加多，灰份略加不能低減汽鍋之效率。煤中含過量之水份及揮發物

為耗費熱量之源故慎擇燃料為汽鍋房工作經濟之必要，不能忽略也。

第五十二圖表

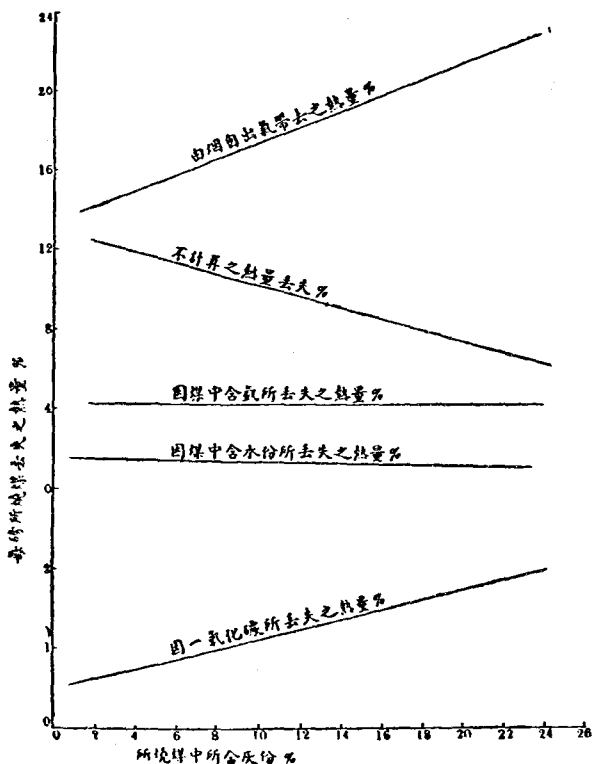


第五十三圖表



第五十四圖表係列年考察汽鍋所得結果之平均數。其中顯示各項丟失之熱量以(煤之平均熱值)百分數計。由此亦可

第五十四圖表





得汽鍋所吸收之熱量，(由100%減去圖表上各項丟失%)圖表上顯示灰份之多寡與各項熱量之丟失互相增減極為明瞭。

煤中之灰份少則通風暢，空氣之供給量數適當。因發生一氧化碳之丟失少，管子亦清潔，汽鍋吸收之熱量多，煙囪出氣之溫度低，故此項熱量之丟失亦小。煤中所含之水份與氫為固定數無可增減。不計算之熱量丟失數略高因汽鍋砌置不甚完善，後經修理丟失即減。

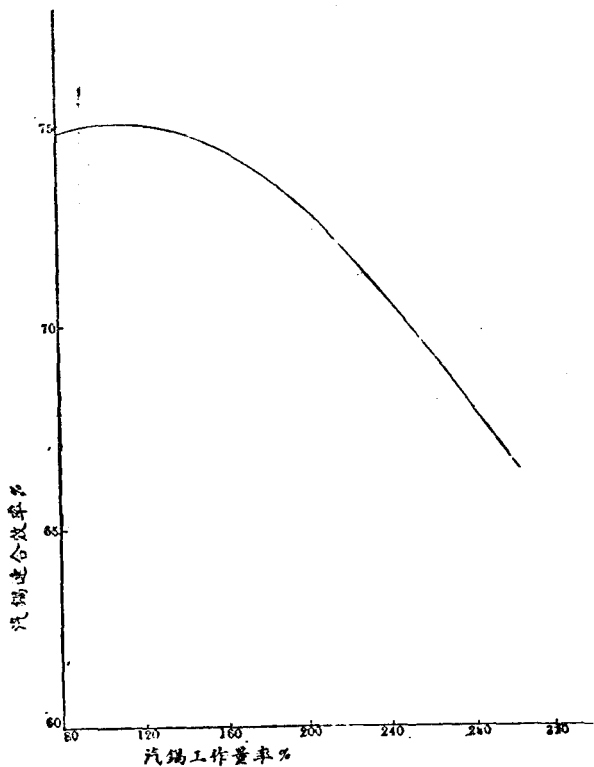
煤中所含之灰份多則通風不暢，須加逾量空氣，爐中發生溶滓。故因一氧化碳而丟失之熱量加增。汽鍋管子時為揚灰所遮蔽，故吸收之熱量較少，煙囪出氣之溫度加增。氣體之量數因有逾量之空氣加入故此項丟失之熱量加增較速也。

### 十三 汽鍋之容量及效果

參閱第五十五圖表汽鍋連合效率 (Combined boiler and furnace efficiency) 與汽鍋容量 (Boiler Capacity) 之關係極為顯著。在一定之工作量率上其各項熱量之丟失與所燃煤中之熱量成最小比例時所得之汽鍋連合效率為最大

之數。汽鍋之最經濟的工作量率(Economical rating)恆在 100% 與 120% 量率之間,因在此兩點間汽鍋之效率最高。

第 五 十 五 圖 表



若汽鍋之量率加增則其效率亦逐步低減。故欲工廠之經濟必先選擇適當容量之汽鍋使能常獲得最大之效率。選擇汽鍋必須審慎考慮以下各點：(一)汽鍋與其裝置之價格(二)式樣是否合於本地能採辦之燃料，(三)工作之費用，(四)蒸汽需要之量數，(須包括目下所需及最近之將來所需) (五)閒置之汽鍋具數(預備修理時互相更替工作者)。

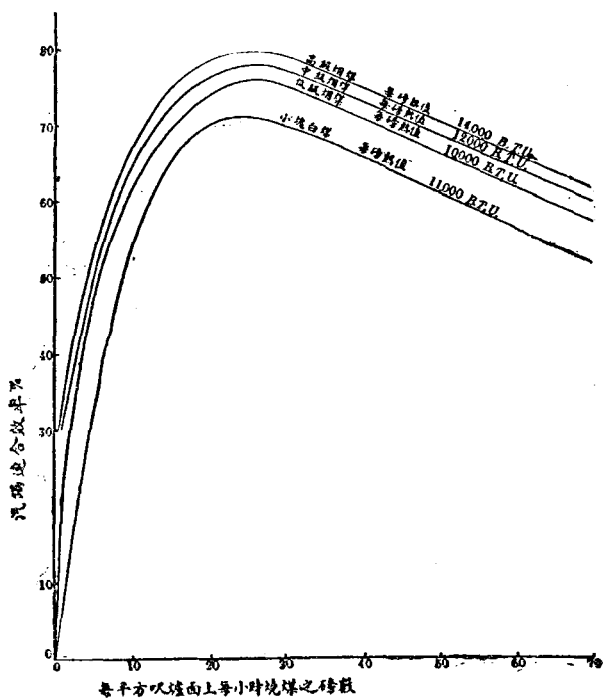
若工作量率減輕雖效率增加然汽鍋具數添增，此項費用比較是否合算，因汽鍋之量率增加由 100% rating 至 200% rating 時，汽鍋之連合效率僅減百分之二，是則汽鍋之工作量率加增，可以減少汽鍋之具數，減少工人，節省修理費用，減低熱量因灰中含煤而丟失之總數及不可計算之丟失熱量數。然則所謂工廠之經濟工作量率者非僅指汽鍋本身之效率，係包括工廠全部之費用而言也。大概採用少數較大馬力之汽鍋比用多數較小馬力之汽鍋為經濟，雖價格較高然經常費用則節省多矣。

工作此項汽鍋而得最適當而又經濟之效率須隨蒸汽之需要量數，蒸汽之壓力及溫度，汽鍋用水之狀況，並所燃煤中之元素及工作之法而變。此必經過汽鍋考察(Boiler test)

而後決定也。

汽鍋所燃煤與其效率有莫大之關係，汽鍋工作量率增高則燃煤率亦高，空氣之供給須按煤中之元素而定，低級煤

第五十六圖表



之不易燃燒常使汽鍋之效率增減，因汽鍋上爐膛與爐面之構作不能燃燒各種煤而得同等之結果。所以選擇汽鍋必以所用燃料之適宜與否為標準也。

第五十六圖表顯示用不同之燃料所得之效率。此圖表係根據考察小汽鍋之結果製成。小汽鍋係 140 馬力，燃煤率（即每平呎爐面上每小時所燒煤之磅數）二十五磅所得之效率最佳。

小塊白煤最難燃燒合法，故效率較低級煤小。高級煤中所含純碳素多加以適量之揮發物助其燃燒。此項煤中之水份與灰份均低，故汽鍋吸收之熱量多而效率高矣。

#### 十四 試驗汽鍋（即考察汽鍋法）

試驗汽鍋之先須決定考察之目的在何以便預備此項工作。在考察之時不可注意於不甚緊要之事，自始至終必須依據目的所在而使所得之結果準確可靠。

如係考察新砌之汽鍋以試驗其工作是否製造廠家所貢獻者相合。此等試驗必須經過關係各方之簽字對於汽鍋工作時之情況，考驗之法及應得之結果均係寫明免生糾葛。

考察汽鍋之目的不外乎以下數種：(一)決定汽鍋之容量與效率(Capacity and efficiency)之關係，結果是否與訂定之標準相符，(二)比較不同之情況下與不同之工作法中所得之結果，(三)決定汽鍋工作之優點或缺點原因何在，(四)比較各種燃料之優劣，(五)考驗汽鍋之容量與其效率之比例。

預備考察之前須將汽鍋之各主要部份之呎吋量明與原圖對核，將內外各部及其特點描寫清楚。所須測量之各部呎吋如下。(一)汽鍋之受熱面積及蒸汽加熱器之面積(The dimensions of the heating surface of boiler and superheater) 凡面積與爐中之熱氣接觸而內有水流通者謂之受熱面積(Heating surface.) 凡面積與爐中熱氣接觸而內有蒸汽流通者謂之加熱面積(Superheating surface.)。

在未試驗汽鍋之前，必須先將汽鍋及其連帶各部加以精細的檢閱。在汽鍋之本身上及其管子並各連接處有無漏水之處。爐牆，火膛，爐面及隔板是否均完好。牆縫中有空氣漏入否(驗法見阻止逾量空氣章)。

汽鍋之受熱面內部之水滷及外遮之煙氣是否已除清，

總汽管安置之地位須使由蒸汽凝結之水不能流回汽鍋。若試驗汽鍋係決定其最大之效率及其最高之工作量率則凡有汽鍋上欠妥之處必先修理完整，不清潔之各部必須洗刷潔淨，否則不能獲得完善之結果。

試驗汽鍋前，汽鍋內外各部及連接管子處均不可有漏水或走汽之處，否則所得結果決不準確。

所用之燃料必須慎為選擇，以本地所能購得之最高級者為標準。經過試驗後，再用他種煤比較，如須考察汽鍋之最大效率及其最高之工作量率則必用最高級煤，煤中且不可含有多量之灰份及水份，並不可含有易成溶滓之物。

試驗汽鍋須用之儀器如下：

- (一) 準確之磅稱兩具，用以稱煤及稱爐灰。
- (二) 水箱及磅稱汽鍋用水，水箱與磅稱須安置於汽鍋所用水之蓄水櫃上，以便每次將水箱中之水稱準後傾入水櫃，水箱之大小以能容足敷汽鍋蒸發五分鐘之水者為最合式。
- (三) 準確之尺用以量汽鍋中水面之高低者。
- (四) 蒸汽壓力計數只，溫度計數只，量風計數只。

- (五)量熱器用以量煤之熱值者。
- (六)量熱器用以量蒸汽之濕度者。
- (七)量爐中氣體溫度之儀器（高溫計及熱電偶等）。
- (八)爐中氣體分析器（奧撒忒等）。

在試驗期間工作情況及燒火之法一經決定後不可隨意更變。

試驗時間之長短須視考察之目的及工作之情況而定。若汽鍋係用人工燒火，如係考察汽鍋之效率，則須繼續工作十小時，或須俟每平方呎之爐面上共燒煤二百五十磅為止。如汽鍋係用機器燒煤則考察時間須二十四小時。若燒煤機器上所用之煤可以隨時清算者則考察時間亦可減至十小時，或俟每平方呎之爐面上共燒煤二百五十磅為止。若係電力廠或其他實業工廠須日夜連續工作者則考察時間必須二十四小時。倘有其餘工廠僅日間工作數小時其餘時間將爐火封閉者，考察時間亦須二十四時。按其平日工作情況，工作若干時，封火若干時。如僅須試驗汽鍋之蒸發量而不計其效率者則考察三小時足矣。

開始工作時及終了時之所須注意各點，凡汽鍋與爐中



之溫度，爐上燃燒之煤及灰之量數，汽鍋水面之高低及蒸汽之壓力，在試驗開始以前之數目與試驗終了時之數目須略同。如用人工燒煤須用下法可得所需要之工作情況。汽鍋先須略略工作使其燒熱，然後將火清理祇剩燃燒之煤攤開於爐面上約四英寸厚用以作新火之基礎。在試驗汽鍋以前先將鍋中水面之高低及蒸汽壓力之數記下，再將試驗開始之時記明，然後將已經磅過之生煤加入爐中，灰坑中之灰掃除清淨，此時試驗工作即開始進行。在試驗終了之前必須視察將火清理後剩在爐面上之燃煤是否與在試驗開始時之厚薄相等，如果太厚須俟燒至同樣厚薄時方可停止試驗。在試驗終了時速將時候，汽鍋中水面之高低，及蒸汽壓力記明。此時汽鍋中水面之高低或與試驗開始時水面之高低不符，或少或多之水必須於計算時加減之。最後將灰坑中之灰出清過磅。若試驗用機器燒煤之汽鍋須先將添煤之機關糾正使爐火燒薄，將機關停止行動，出清爐灰，煤斗中裝滿生煤，記明爐面上所剩燃煤之厚薄，鍋中水面之高低及蒸汽之壓力，然後開添煤機關，記明開始試驗之時間。再將灰坑中之灰出清。在試驗終了前將添煤機關關閉，將生煤裝滿於煤斗中，

俟爐面上之燃煤燒至與開始試驗時之厚薄相等，速記明鍋中水面之高低蒸汽之壓力與停止試驗之時間。末後將灰坑中之灰出清過磅。

試驗汽鍋時所須記載各項，用預先製就之紙單上，所有蒸汽壓力計，通風計，蒸汽溫度，氣體溫度，氣體分析，及汽鍋用水之溫度，均每十五分鐘記載一次，經過每一小時計算平均數於總簿上。

煤須過磅後交與伙夫，每次約敷一小時之燃燒。在試驗終了前地上不可堆積多量之煤，致計算燒煤之實數時費事。記載汽鍋用水亦以每小時之量數計。

蒸汽之濕度：若汽鍋中產生之蒸汽非增熱溫度之蒸汽 (Super-heated steam.) 則蒸汽內所含之水量必須用一分析量熱器 (Throttling or Separating Calorimeter) 以決定之，若汽鍋產生之蒸汽係加熱溫度之蒸汽則蒸汽之溫度必於每十五分鐘內度量一次以計算每小時之平均數，量溫度之地點須在蒸汽甫由汽鍋出來之管子上。若係潮濕蒸汽則必用量熱器以決定之約每三十分鐘一次以計算每小時之平均數。此項量熱器之計算已詳汽鍋受熱面積與容量章。此項

量熱器市上各經售機器行家均可代購也。

試驗汽鍋時應揀取所燒之煤樣，此項煤樣須頻頻揀取以供化驗之用。當小煤車向煤堆上取煤時，每次取一鏟，將此項煤樣置入一緊蓋之鐵罐內，俟試驗終了時，將所取之煤樣照第一章中所說之檢取煤樣法擊碎和勻，最大之塊略如豆粒。當煤樣檢留至原有之四分之一時，其中取二十磅分裝四罐以備化驗水份之用。此項鐵罐須嚴密封好並標明專查水份之煤樣。其餘再擊小和勻分裝五磅罐以便化驗元素及熱值之用（化驗法詳前）。應揀取之灰樣與揀取煤樣法略同。所不同者揀取煤樣係在煤未過磅之前，因所取之煤樣不應加入所燒煤之量數。灰樣須俟磅過後方可檢取否則爐中出灰之量數不符。出灰時須用水澆之以防爐條下過熱之故。是種灰樣係用之以化驗灰中之水份並灰中所含未經燒盡之碳素。灰之實量須減去水份再算也（化驗法詳前）。

爐中氣體之分析可用奧撒忒氣體分析器（詳前），以每十五分鐘分析一次再計算每小時之平均數。

結果之計算如下：

（一）效率：汽鍋與爐子及爐面之連合效率係汽鍋由每

磅所燒煤中吸收之熱量與每磅煤中所含之熱值相比。汽鍋同爐子之效率係汽鍋由每磅在爐中燒盡之可燃物（煤中減去灰份水份並減去灰中所含未燒之磷素算）中吸收之熱量與每磅能燃料中所含之熱值相比。此項汽鍋同爐子之效率專用以比較各種鍋爐工作之優劣。每磅可燃物中所含之熱值係以每磅煤之熱值以可燃物之百分數除之（煤中可燃物係純碳素與揮發物）。

汽鍋由每磅煤中或由每磅可燃物中吸收之熱量係每磅煤或每磅可燃物所蒸發當量之蒸汽磅數（當量蒸汽即由華氏  $212^{\circ}F$  之水蒸發為華氏  $212^{\circ}F$  之蒸汽）（算法詳汽鍋受熱面與容量章）。

(二) 蒸汽之含水份者須改正以乾蒸汽之實數算。

(三) 當量之蒸發。

(四) 煤之總數熱量。

(五) 熱量平衡表。

計算之結果須列記載表，並製圖表以記之。

## 試驗汽鍋結果表

1. 試驗之汽鍋號數.....工廠名.....日期.....  
試驗之目的.....經手人.....
2. 汽鍋式樣.....爐子式樣.....
3. 爐面面積.....平方呎
4. 汽鍋受熱面.....平方呎
5. 蒸汽加熱面積.....平方呎
6. 試驗時間.....小 時
7. 所用何種.....
8. 礦在何處.....

## 平均壓力與溫度等

9. 蒸汽壓力(壓力計指示數).....磅
10. 汽鍋用水之溫度.....華氏計.....度
11. 爐中氣體入烟突時之溫度.....華氏計.....度
12. 風門與汽鍋間之通風力.....寸水
13. 蒸汽中之潮度或加增熱度.....%或.....度

## 總 量

14. 燒煤之重量.....磅

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| 15. 煤中所含之水份.....              | % |
| 16. 共燒乾煤之重量.....              | 磅 |
| 17. 總出灰之重量(連棄物).....          | 磅 |
| 18. 實數乾煤中所含乾灰與棄物(成份).....     | % |
| 19. 共送入汽鍋中水之重量.....           | 磅 |
| 20. 所蒸發水之實數(改正蒸汽中所含之潮濕後)..... | 磅 |
| 21. 總數當量之蒸發.....              | 磅 |

### 每小時之量數

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| 22. 每小時所燒乾煤重量.....            | 磅 |
| 23. 每小時每平方呎之爐面上所燒乾煤重量.....    | 磅 |
| 24. 每小時蒸發水之磅數(減去蒸汽中之潮濕後)..... | 磅 |
| 25. 每小時當量之蒸發磅數.....           | 磅 |
| 26. 每小時每平方尺之受熱面上當量之蒸發磅數.....  | 磅 |

### 容 量

- |  |      |
|--|------|
| 27. 每小時蒸發(由 $212^{\circ}F$ 水為 $212^{\circ}F$ 蒸汽)與 25 條同..... | 磅    |
| 28. 汽鍋發生之馬力(以 27 條 $\div$ $34 \frac{1}{2}$ ).....            | 汽鍋馬力 |
| 29. 汽鍋操作原有每小時等量蒸發.....                                       | 磅    |
| 30. 汽鍋操作之馬力(以每十平方尺受熱面為一馬力).....                              | 汽鍋馬力 |
| 31. 汽鍋工作量率(以 28 條 $\div$ 30 條).....                          | %    |

## 結 果

32. 每磅煤用汽鍋水磅數(以 19 條÷14 條).....磅  
 33. 每磅乾煤蒸發水之磅數(以 20 條÷16 條).....磅  
 34. 每磅乾煤得當量之蒸發磅數 以 21 條÷16 條).....磅  
 35. 每磅能燃料得當量之蒸發磅數(以21條÷(16條-17條)).....磅

## 效 率

36. 每磅乾煤所含之熱值..... B. T. U.  
 37. 每磅能燃料所含之熱值..... B. T. U.  
 38. 汽鍋,爐子與爐面之連合效率 $\left(100 \times \frac{34 \text{條} \times 970.4}{36 \text{條}}\right)$ .....%  
 39. 汽鍋同爐子之效率 $\left(100 \times \frac{35 \text{條} \times 970.4}{37 \text{條}}\right)$ .....%

## 爐中氣體之分析(入煙突之氣體)

40. 二氧化碳  $CO_2$ .....%  
 41. 氧  $O_2$ .....%  
 42. 一氧化碳  $CO$ .....%  
 43. 氮  $N_2$  (100-40 條-41 條-42 條).....%

## 煤之分析

44. 碳素.....%

45. 矽.....%
46. 水份.....%
47. 灰份.....%
48. 每磅之煤熱值(與 36 條同).....B. T. U.

#### 爐灰之分析

49. 水份.....%
50. 乾灰所含未燃之碳素.....%

#### 蒸發價值

51. 每噸煤價(以 2200 磅之運費).....洋.....元
52. 蒸發每千磅水須煤.....洋.....元

以上結果表中所載第九條至第十三條之平均壓力與溫度等係以每小時之平均數相加再以試驗汽鍋之時間分之。例如試驗汽鍋時間為二十四小時，則壓力與溫度等，均每十五分鐘記載一次，每小時計算一平均數則共有二十四個平均數，以此二十四個平均數相加再用二十四除之即得試驗時間中每小時之平均數。第二十二條至第三十一條並第四十條至第四十三條之得數亦係試驗時間中每小時之平均



數，與第九條至第十三條之算法相同。

若製圖表其最要者爲汽鍋工作量率與汽鍋效率之關係（參考第五十五圖表）。圖表係用每小時計算出之二十四個平均數製成。其次爲汽鍋工作量率與氣體入煙突之溫度相較，亦以計算出之二十個每小時平均數製之。再其次爲通風力與爐中氣體分析相較，製圖法與上同。

如需製熱量平衡表尙須記載在試驗汽鍋之日，汽鍋房中之平均溫度及相對的空氣中之濕度，熱量平衡表之計算式（見前）。

考察汽鍋之目的前已詳述。如欲得可靠且有價值之結果，此項工作必須另行僱用一班有經驗而與工廠無關之人以試驗汽鍋，庶不致有謊記虛載等事。若此所得之結果比較可靠矣。

如以本廠之人司理其事除錯記外常可使所得之結果不確實，設如在試驗汽鍋前使其蒸發甚快則汽鍋中能發生不真實之高水面，再在停止試驗前令汽鍋蒸發遲緩則水面降落，比較與實在汽鍋效率可高百分之十，因其所算之水量非實數也。

其他若爐中氣體分析及溫度之記載及稱煤稱水等等均有可作弊之處。故試驗新購汽鍋時必須另請有經驗而與廠中無關係之人試驗。若由汽鍋製造汽鍋之廠家來人試驗，則本工廠中必須派有經驗之人監督一切工作，則試驗之結果方可靠，否則實無價值之可言也。

### 十五 變數表

以下之變數表係以一種量數變成他種量數，因其需用甚廣，故摘錄於下。

(甲)清水在華氏溫度六十度時每美國加侖重 58,361 克因(grains.)。

(乙)清水在華氏溫度六十度時每美國加侖重 8.337 磅。  
每立方呎之水重 62.3677 磅。

(丙)一標準空氣壓力 (1 atmosphere) = 760 mm. of mercury. = 76 釐米高之水銀線 = 29.921 inches of mercury. = 33.90 呎高之水線或 29.92 寸之水銀線 = 33.90 feet of water. = 每平方吋上有 14.696 磅之壓力 (14.696 pounds per sq. in.) = 每平方釐米上有 1.033 (仟克)之壓力(1.033

kg. per sq. cm.

$$(丁) \text{—} \text{釐米} = 0.3937 \text{ 英寸}$$

$$(戊) \text{—} \text{平方釐米} = 0.155 \text{ 平方英寸}$$

$$(己) \text{—} \text{美國加侖} = 231 \text{ 立方英寸}$$

$$= 0.133681 \text{ 立方英尺}$$

$$= 3.78543 \text{ 升 (Litres)}$$

$$= 3785.43 \text{ 立方釐米。}$$

$$= 32 \text{ 給而司 (gills.)}$$

$$= 8 \text{ 派恩特 (pints.)}$$

$$= 4 \text{ 夸特 (quarts.)}$$

$$= 0.8327 \text{ 英國加侖}$$

$$(庚) \text{—} \text{克因 (grain)} = \frac{1}{7000} \text{ 磅}$$

$$= 0.00228571 \text{ 兩 (ounce)}$$

$$= 0.064799 \text{ 克 (gram)。}$$

水之溫度壓力體積對照表

溫度華氏 °F	每平方寸上 壓力(磅表)	每磅之體積 (立方尺)	每立方尺水之 重量(磅數)	比 熱
20	0.06	0.01603	62.37	1.0168
30	0.08	0.01602	62.42	1.0098
40	0.12	0.01602	62.43	1.0045
50	0.18	0.01602	62.43	1.0012
60	0.26	0.01603	62.37	0.9990
70	0.36	0.01605	62.30	0.9977
80	0.51	0.01607	62.22	0.9970
90	0.70	0.01610	62.11	0.9967
100	0.95	0.01613	62.00	0.9967
110	1.27	0.01616	61.86	0.9970
120	1.69	0.01620	61.71	0.9974
130	2.22	0.01625	61.55	0.9979
140	2.89	0.01629	61.38	0.9986
150	3.71	0.01634	61.20	0.9994
160	4.74	0.01639	61.00	1.0002
170	5.99	0.01645	60.80	1.0010
180	7.51	0.01651	60.58	1.0019
190	9.34	0.01657	60.36	1.0029
200	11.52	0.01663	60.12	1.0039
210	14.13	0.01670	59.88	1.0050
220	17.19	0.01677	59.63	1.0070
230	20.77	0.01684	59.37	1.0090
240	24.97	0.01692	59.11	1.0120
250	29.82	0.01700	58.83	1.0150
260	35.42	0.01708	58.55	1.0180
270	41.85	0.01716	58.26	1.0210
280	49.18	0.01725	57.96	1.0230
290	57.55	0.01735	57.65	1.0260

以上之壓力對照表係由馬克司氏與台維司氏之蒸汽表中摘錄，所有未經記載之溫度可用下法算出。

例如水之溫度爲華氏八十三度求壓力，體積，重量及比熱。

照表上所載	溫度	壓力	體積	重量	比熱
	90°F	0.70	0.01610	62.11	0.9967
	80°F	0.51	0.01607	62.22	0.9970
相差數	10°F	0.19	0.00003	-0.11	-0.0003
相差數	1°F	0.019	0.000003	-0.011	-0.00003
相差數	3°F	0.06	0.00001	-0.03	-0.0001
則	83°F	0.57	0.01608	62.19	-0.9966

## 第五章 汽鍋管理

### 一 選擇合式的汽鍋

選擇汽鍋爲一最重要之事，當事者必須根據事實慎重考慮之後方可決定。現代各製造廠所造之生力及發電機器日新月異，其工作法亦逐步改變，最大之改變爲最新之發動機之呎吋及式樣。因此書不涉及生力廠全部之設計故僅限止於汽鍋一方面也。

因現代發動機之改良故汽鍋之選擇必依之爲標準也。

汽鍋之工作係吸取所燒燃料中之熱值而發生汽，蒸汽流通於機器中而使之工作，大抵產生蒸汽之費用佔全部工廠之費用約百分之六十五至百分之八十。故生力廠之發達實全賴汽鍋房之工作經濟，汽鍋之效率增高則全部生力廠之效力亦隨之而增矣。蓋生力廠本身之效率祇隨機器上工作之擔負而變更，然汽鍋之效率變更之故極其廣闊，必須慎

重管理之。

欲得汽鍋房結果之增善非僅以理論上之工作法而可得，欲得煤之完善燃燒及熱量傳遞之效率以理論言之甚易，欲得之於實地工作極難。事實上雖經極小心之監察，則平時之工作所得之結果尙與試驗時所得者迥異。因此管理汽鍋者必須規定一標準效率，以此而決斷實地工作之結果優良與否，此項標準數不必定以試驗汽鍋時所得者，但需實際上在最佳之工作狀況中所能得到者為標準。

查閱以前所論煤之燃燒並通風等可知汽鍋效率問題全在燃料爐子與汽鍋之關係互合也。加增汽鍋效率能得多數費用之處不可漠視。故汽鍋之設計必須注重於簡單且可靠，汽鍋之量率可隨意增減為常時工作所必須。

由此觀之則選擇汽鍋必須由其效率與量率及其各部之互相比較上着想。效率必以蒸發每千磅蒸汽之價格核算，並需包括汽鍋房之效率，工作之簡易及所用汽鍋之工作靈活而可靠，修理及保管之費恆高，並亦隨汽鍋之式樣及其工作之性質而變更。

欲得最高之效率必須燃料與爐子及汽鍋之受熱面互相

合式，汽鍋設計之優良及工作之審慎，有組織之監察並詳細記載每日工作之狀況方可獲得最高之效率。熟悉本書前四章所論各節即可採用適當之管理法。

汽鍋之容量即按其受熱面之面積，而能產生蒸汽量數，普通按製造廠說明書所購之汽鍋均以每十平方英尺之受熱面積為一匹馬力。此項馬力不過用以標記汽鍋構作之尺寸，並不限止在此項受熱面上可蒸發水之量數，所以三百馬力之汽鍋，作五百工作馬力並不損及汽鍋也。

凡設計優良之汽鍋，在一定之尺寸的受熱面積上其蒸發量之大小係隨爐中能燃煤多寡而限止。按在汽鍋之固有之受熱面積上其最大之蒸發量即爐中每小時在每平方尺爐面上能燒煤最多之磅數。由較小之受熱面積上發生較高之蒸發量，其利益所在須與以下數點並行而不相悖。

(一)效率：汽鍋之工作量率加增則其效率減低已詳述於前。參閱第五十五圖表可知汽鍋之工作量率若超過限止以上則效率之低減太速，反不相宜也。

(二)爐面與受熱面積之比例：各種燃料皆有其最大之能燃燒量數。過此以外結果必不能滿意。如汽鍋之工作量率



再須加增則必加大爐面，然爐面亦不可任意加大，因在過於闊大之爐面上既不便工作，欲令多量之爐中氣體經過受熱面積必須加增通風力，熱量因之受莫大之損失矣。

(三)汽鍋用水：因汽鍋用水不潔而發生種種困難前已詳述，是以汽鍋用水問題常限其工作量率之加增，汽鍋之工作量率加增時則水中帶入之不潔物亦多，此項不潔物常能使汽鍋中冒沫或成多量之水鹼，普通之汽鍋用水在其平穩之工作量率上並不發生困難，若汽鍋之量率加增太高其發生之危害超過其利益矣。

有種工廠每日在一定之時間中汽鍋須加增其工作量率以供所需，則選擇汽鍋式樣時，必須能在規定時間中加增工作量率而得完滿之結果者為上。爐子之構作必須能隨意變更其工作而不損失汽鍋之效率者為優。受熱面積之安置須能裝備足敷應用之爐面，在汽鍋工作量率須加增時使燃煤之量數在最大之限止量數之下。汽鍋之構造必須在其工作量率加增時能使鍋中不冒沫或蒸汽中帶水或加增水鹼，即加增水鹼亦使易於清除，汽鍋之效率與其容量之關係前已說明，若單在汽鍋上着想而將爐子除開則汽鍋之工作量率

加增而其效率減低之說極簡明也。

設以爐中之溫度爲不變數，而不論汽鍋工作之量率爲若干，如汽鍋工作量率變更而可得同樣之效率則爐中之溫度自不變更。但實際上爲不可能之事，蓋爐中之溫度係隨汽鍋工作之量率而增也。再者汽鍋受熱面上所吸收之熱量，內中有一部份係得之於火上直接之輻射，所吸收之輻射之熱僅持暴露於火上之受熱面積，在汽鍋工作量率加增時則由火上輻射所吸收之熱量與總數吸收之熱量之比例減低，且爐中氣體之量數加增時並不能加增傳遞熱量之值是以汽鍋之工作量率加增而其效率減低也，其次熱量輻射之效力全恃爐中有不變更之溫度，爐中之溫度稍增則關係於輻射之熱量至鉅，所以受熱面積必須有適當之比率以備汽鍋工作量率增加時以吸收由反射之熱量。然不論何種爐子皆有一最大之燃煤量數，若在此量數以上則燒煤反不完善而使其溫度降低，所以受熱面積上由輻射所吸之熱量亦有一定之比例，故汽鍋之工作量率加增時則汽鍋與爐子之連合效率亦減低也。在工廠中平常之工作上由試驗汽鍋所得，其最高之效率須視汽鍋與爐子之構作。有一種汽鍋其最高之連合

效率，係工作汽鍋在其構作之馬力以上而得之，尚有他種汽鍋須工作在其構作之馬力以下，方可得最高之效率，是以汽鍋最高之效率點何在須按其本身之構作而定不能一言以蔽之。因此前製第五十五圖表，以包括各種汽鍋上量率與效率之關係，該圖係由列年考察汽鍋所得之結果製成。但須在最適合之工作狀況下方可得到此項結果，管理汽鍋房者用之以作標準以比較實地工作之優劣其誰曰不宜。

汽鍋上最經濟之工作量率，其問題至廣非僅以汽鍋本身之擔負所可能定也。每一工廠中，所謂經濟者須通盤籌劃，除汽鍋之效率外，工廠購汽鍋之價值，煤及人工並保管與修理等費用均須考慮，若為大規模之電力廠此項籌劃關係至鉅，然決定工作上經濟問題則大小工廠均同出一理也。汽鍋房之最經濟之工作量率須依廠中所用之發動機之所需及其工作之性質。此項經濟工作之決定須由小心觀察廠中之工作狀況並實地試驗而得。廠中之費用上最須管理者，即其能顯及最大之工作擔負，不論其工作之性質及其狀況，及不論何時發生均能措置。凡工廠中之工作擔負可分以下之三大類。

(一)不變更工作擔負而繼續二十四時之工作。

(二)平穩工作十小時至十二小時在中午停工者。

(三)二十四時之不同擔負工作如發電廠，所供之電力擔負時有變更。

故汽鍋最經濟之工作量率，須隨以上之擔負而變更也。按第一類二十四時繼續不更變擔負之工作，則汽鍋經濟工作係能蒸發最廉價之蒸汽以供機器之用。所需汽鍋最經濟之工作量率為何須視燃料而定。但在普通之工作狀況下最經濟之量率當在 125% 至 150% 之間，即每一百馬力汽鍋須發生一百二十五至一百五十馬力之工作，餘則類推。因廠中購置汽鍋之費用並人工之工資係隨汽鍋具數而增，較燃料之節省更形重要。若在舊有之工廠，其廠中已有多數之汽鍋足敷應用，則最經濟之汽鍋工作量率當在 100%。

按第二類之工廠，每日工作十小時至十二時，或平穩擔負的工作，或在一定時間上須增高工作擔負，夜間則將爐中之火封閉，此項汽鍋之經濟工作量率當在 150% 以上。此係因按原用之資本而能得最優之利率，故必須增高汽鍋工作之量率。若此則人工減節及減購汽鍋具數而所獲之利較效率低減之損失為多。照以上之工廠工作性質尚有他種辦法

亦與經濟方面有莫大之關係。按工廠中除工作需用之汽鍋外尚有備用汽鍋數具以備修理工作之汽鍋時替換調用。若將此項備用汽鍋有時共同工作則汽鍋之工作量率減小則效率加增矣。若汽鍋須清掃及修理時則將應修理之汽鍋輪流停止，而將其餘工作汽鍋之量率略微加增以供需用損失之效率亦極微。惟有時因需用之擔負較高而不易工作，則最經濟之工作量率或須增加至175%。汽鍋之工作量率加增則效率低減，補救之法祇有添購汽鍋以輔助之，然添購汽鍋之價須包括裝置及工作一切費用，因而所增之效率是否合算必須慎為估計。按第三種工廠，所需為二十四小時不同擔負之工作，若發電廠之工作，其擔負之變更極大，此項工作最難獲得最經濟之汽鍋工作量率，經濟之所在須隨廠中之工作性質不能一概而論。

此項發電廠中之工作擔負既變更極大，則工作之法須按燃料之種類，工人之技術，燒煤機器之式樣及汽鍋與爐子的式樣而定。

大概在平常之工作狀況下有如城市中之發電廠，每年必有數次（若慶祝等）工作之擔負極高。則此項工廠之設

備必須能供應所需要時增高之擔負，並須有預備損壞時可繼續工作之設置。祇要能將汽鍋之工作量率足敷供應則效率之低減亦不為害也。

工作此種發電廠之法列舉於下。

現代之發電廠為經濟起見，不論何時所有工作之汽鍋均工作 150% 至 200% 量率以供給需要之電力。尚有汽鍋數具在不需用時將火封閉，在工作擔負加增至高時即可啓用，以應所需。工作擔負減落時，即將此種備用汽鍋之火再行封閉。

或將一定數目之汽鍋工作在其原有量率之下（即如五百馬力汽鍋使其工作馬力略小於五百）即足敷供應平時之需要。在工作擔負增高時，即將汽鍋之工作量率加增以供應之。如採用此法則不必有備用之封火汽鍋，若是則工作之汽鍋與修理時替換之汽鍋不相混和。

第三法工作此種發電廠，係將汽鍋房劃分兩部，一部份之工作汽鍋係用以供給平穩擔負之所需，其他一部份之工作汽鍋專供給擔負增加時所需，若此則第一部之工作汽鍋可獲得最高之效率，其第二部份之汽鍋可照第一條或第二

條上所載之工作法：

以上係各種工廠中工作經濟之大概，因各工廠之工作情狀不同必須依據之以定工作之法何者為善。

既完全明瞭汽鍋之容量及其效率之關係方能決定須選擇何種汽鍋可合各工廠之用。

其最須注意者所選汽鍋之式樣及構作對於廠中之工作性質是否合用，若工廠係暫設而非永久者則購置汽鍋之代價須低。若汽鍋係用以動作起重機或同樣機器之工作，此項工作之擔負忽高忽低，所選擇之汽鍋必須能供應此項工作不因擔負之突然升降致使蒸汽中帶水。再者汽鍋用一種燃料所能得之最高效率，則必不能用他種燃料而得同等之效率，有時汽鍋構作式樣適合於小規模工廠之用而不適用於大工廠中之工作。關於汽鍋設計各有優點，前已詳述汽鍋之設計不能在不同之情況下工作而發生同樣之效率，欲得奏效之工作皆賴所用之煤料適宜，工人之能力及技術，汽鍋所用之水，廠中工作之性質，廠之大小並設備時之費用均有關於工廠之經濟。

選擇汽鍋者必須明瞭優良汽鍋之要點及廠中工作之特

點，然後向有經驗而已享盛名之汽鍋製造廠家訂購之。

已選定汽鍋之構作式樣合於廠中工作後，第二步即須決定汽鍋馬力之需要。廠中需要之蒸汽須從各蒸汽機所需之量數推算，蒸汽機需用蒸汽量數須隨機器之大小及式樣而變更，此中相差之量數極大，然不論何種機器該製造廠家均能供給確實之說明書記載各種機器在各種情況下工作時所需用蒸汽之量數。除主要之蒸汽機及汽鍋輪所用之蒸汽外，尚有附屬機器所用之蒸汽，大概須估計約用蒸汽之總量數百分之十五。已知需要之蒸汽量數後，再可決定汽鍋之大小及其隻數。汽鍋容量之大小須合於經濟之工作及廠中工作之狀況，其次決定者即廠之大小及汽鍋所用水之性情。

廠之大小須考慮以下之各節。大概大號汽鍋所得之效率高，用大號之汽鍋可減少隻數則所需工人之數亦少，砌置汽鍋之火磚等價亦省，連接汽鍋之管子等亦簡而少。各汽鍋製造廠定價，以每汽鍋馬力作單位，不論何種汽鍋，大號者每馬力之代價較小號為昂。例如工廠中須用 10000 汽鍋馬力，則可採用四十隻 250 馬力之汽鍋，或者用十七隻 600 馬力之汽鍋，（若工廠中無最優良之汽鍋用水則決不可購用



十分大之汽鍋)。

廠中裝置汽鍋之情狀亦一要事，在最初裝置汽鍋之時必須估計將來工作加增時之需要，故選擇汽鍋之大小必先顧及將來之加增工作。

汽鍋房之工作為不可苟且之事，一切汽鍋必須時常清理，磚牆等砌置必須時常修理，故廠中除工作之汽鍋隻數外，尚須有數隻備用汽鍋以便於清理時替換工作，若工廠中之工作平穩，擔負不甚變更，則必須除工作之汽鍋外，設置兩隻備用汽鍋，預備於修理時替換工作。如此設備則廠中不致發生若何危礙。若為小規模之工廠，總數汽鍋馬力祇五百或六百則設置一隻備用汽鍋足矣。若為城市之電力廠，廠中除平時工作之汽鍋及封火候用之汽鍋(工作擔負突增時用)外，須再有替換修理時之備用汽鍋數隻。此項備用汽鍋隻數須由清理汽鍋經時之長短而定。若汽鍋之用水易生水鹼，工作效率減低，若使輪流清理，在此種狀況下則數隻汽鍋必須同時清理，而廠中必須有多數備用之汽鍋以便替換工作。由此觀之則選擇汽鍋之大小及其隻數須根據廠中工作上之需要而定，不能一概定論。然選擇汽鍋之要點不外乎採用較大

號之汽鍋與廠中之地位相稱。汽鍋之隻數須分爲工作者在平穩工作能得最高效率，工作擔負如突增時則汽鍋之工作量率能立時加增而效率不因之而十分低落，備用汽鍋之隻數須足以替換修理或清理汽鍋之工作使廠無工作停頓之虞。

選購汽鍋時必須其製造廠家出立保單，證明其汽鍋在實地工作時所得之效率與試驗汽鍋時所得之效率兩者比例爲何，汽鍋最高之工作量率及其效率爲何。因前已詳述在試驗汽鍋時所能得之效率決不能得之於平日工作中。蓋其工作狀況不同，故製造廠家所出保單，僅保證其汽鍋在試驗時可得之效率則於事實上並無價值，若依之爲根據則甚錯誤也。

## 二 汽鍋之工作及其經管

汽鍋房之實地工作包括以下之兩大問題：第一係考慮廠中之工作經濟，並採用工作之法而可獲得最佳之結果，第二即參用書內前數章所載之汽鍋工作實驗，由此而得經濟之結果，工作之安全及保證工作之連續而不使其停頓。

現代之工廠對於汽鍋實地工作之注意前已略述蓋管理者明瞭每日工作時所得之結果，與理論上所可得者大不相

同，注意汽鍋房之工作常獲得最佳之結果。

最要者為設法增長汽鍋房之效率。先規定一標準之效率以比較每日平均之結果，此項標準效率之規定必須依據實地工作情形與理論上所說者大相懸殊。最好將每隻汽鍋之標準效率分別規定，此種標準數即平時工作所得平均最佳之結果，若由如此規定則工作自能努力改善以冀達到標準之結果。若欲工作之結果近似規定之標準則管理者必用其智力以監察工作，此項監察需知廠中在最佳之工作狀況下所能得之結果並在各種情形下所做之工作。汽鍋房中之工作須連續記載，可用之以比較在任何時間中之工作情形，結果與規定之標準有否相差，有此項詳細之記載立即可知其缺點所在以改正之。故汽鍋房之記載最為重要，因其能使管理人知其缺點所在以免廠中蒙受重大（但可免除）之損失。

在大規模之工廠中每日所燒煤料之量數甚巨，汽鍋房須有詳細之工作記載，此種大工廠中若節省祇百分之一的燃料，則每年已可節省數千元。欲得有效力的監察必須購置各種儀器，（詳前四章中）此項費用甚微而每年廠中能節

省之燃料爲數甚鉅也。即在小規模之廠中此種監察工作之法亦不可缺少不過不若大工廠中之精微。結果所節省煤料之費用亦必超過監察所需之費用也。

在近年來各種記載汽鍋工作之儀器製造極精，不但合於實用而且記載準確而可靠，有些儀器雖須時常校對，然即使有百分之五的錯誤，其所記載者已足以幫助廠中工作結果之改善矣。所最需要之記載及所用之儀器當列舉於下。

因最後度量汽鍋之效率係核計其產生一核定量數蒸汽（或每千磅計）之價值。故記載中之最要爲產生蒸汽磅數及所燒煤料之磅數，記載爐中氣體之溫度，蒸汽之溫度，分析煤料分析氣體，並記載通風力等係核對煤之燃燒適當與否，並計算各項熱量之損失，（參閱第四章中之熱量平衡表）由此可補救不應有之意外損失而改良汽鍋之工作。

煤之記載可根據廠中之需要以採擇市上所售之各種稱煤儀器，此項儀器大概均稱準確。汽鍋房中所燒之煤決不可照購入煤之量數計算因其不能顯示在不同之時間內汽鍋所燒之煤。最好採用一種方法，將汽鍋所燒之煤隨時稱量。若此則不論在何時廠中工作期間內所燒之煤均有記載可查。

最簡單之法在較小之工廠中可用磅秤稱記當煤送入汽鍋房燃燒時，除稱記實在燃燒煤之量數外。煤與爐灰必須分析化驗，因汽鍋之蒸發量全賴所燒煤之等級及其熱值並灰之成份及其溶點。每噸最高熱值之煤價與蒸發量並不顯示最佳之結果。煤之價值須用熱值計算，（詳前）再加運煤及運灰等之費用方可計算營業上之效率。若僅以煤之價值而不計熱值祇可計算每日工作所得之結果。

汽鍋所燒之煤經過煤與灰之分析後，方可顯示其所得之結果與所規定標準結果之比例。煤與灰之分析法已詳前章。其法至簡，廠中管理人購置此種儀器後，試驗一二次即可純熟。化驗煤中所含之灰份與實在爐灰量數相較，其相差數即係由爐面漏入灰坑之煤，用此核計爐面之效率。煤中含灰太多雖價值低亦不甚合算，因用此種煤蒸發之量數減低而運灰之費用加增矣。

汽鍋所用水之量數記載同為重要，煤與水之量數記載為基本，用之以判斷產生蒸汽之經濟。記載水量之儀器式樣極多，製造之進步亦速，此種記載之價值係用之以決定汽鍋之蒸發量。

記載蒸發量之儀器可分兩大種：第一種在水未入汽鍋以前將其量數記載，第二種在蒸汽離開汽鍋時將其量數記載。第一種內最風行者爲凡秋里量水表(Venturi meter)，近時所流行者爲量水槽(Weir Notch)。用以上兩法記載水量尙稱準確，且易於校對其設有錯誤之處，記載蒸汽量數之儀器中最通行者爲蒸汽流行表(Steam flow meter)。但須選擇其大小足敷記載汽鍋所蒸發之量數。此種蒸汽流行表亦可用以記載機器上所用蒸汽之量數。若每隻汽鍋上均裝一蒸汽流行表，則能記載每隻汽鍋之蒸發量，由此以推算汽鍋之連合效率是否與規定之標準相符。

爐中氣體之分析有顯示爐子效率之價值。市上有各種氣體分析記載器發售，此種儀器能自動連續記載爐中氣體內所含二氧化碳之成份，其所記載者大多準確。因此項僅能記載二氧化碳成份，故時常須用奧撒忒(見前)或其他同樣之儀器以完成氣體之分析。此種奧撒忒須常用以校對以上自動儀器所記載之數。且須與爐中氣體溫度記載器並用可以直接比較在每一定期之時間中因逾量空氣及不完善燃燒而損失之熱量。此種記載用以管理逾量空氣及監察伙

夫之工作。

若爲小規模之工廠則不便購置價昂之自動連續二氧化碳記載器。最善之法用一蓄氣瓶（見前）收聚每八小時之平均氣體樣子然後用奧撒忒分析之。

溫度之記載如下，用溫度記載器以記載氣體之溫度，汽鍋所用水之溫度並蒸汽之溫度。此項溫度記載器一經小心校對之後能得準確之結果。

爐中氣體溫度之記載係用察核由煙突丟失之熱量並可知曉汽鍋之內部清潔與否。記載蒸汽之溫度若汽鍋上裝有蒸汽加熱器（Super-heater）者能顯示溫度升降之合理與否。記載汽鍋所用水之溫度顯示乏汽溫水之利益是否完全達到。

自動通風記載器之利益，係能在汽鍋量率升降時將所需之通風加以糾正，因汽鍋之工作量率隨燃煤率而變更，燃煤率則隨通風力而改變也。

不論何等煤皆有一最好之燃煤率，在此燃煤率上工作而所得之結果爲最佳。在合當的設計之工廠中若工作量率不甚變更，則該燃煤率所需之通風力可以自動校正。

近來製造之自動校正通風儀器日臻完善，大規模之工廠中必須裝置之。且須裝置通風計 (Draft gauges) 以記載每一燃煤率上所須之通風力。

最要者係考慮裝置各種自動記載儀器之地位。溫度記載器，通風計以及收爐中氣體樣管所裝置之地位處氣體須能自由流動而無阻礙。然所得之氣體樣子是否平均必須將其結果隨時比較。此種儀器所裝置之永久地位則必依汽鍋之設計而定。

汽鍋房實地工作時或發現以下之缺點，則管理人必須設法以改正之。

(一) 有時發現汽鍋房之工人對於汽鍋並其他機器之工作性情不甚熟悉，有時工頭之腦筋中常有此中固執之見，若工作汽鍋至其原定量率以上則其易於損壞，若工作至原有容量以下則可得較經濟之效率，此項偏見必須破除。蓋最經濟之效率必須由實地工作後而決定。按工廠中之工作情形汽鍋之最經濟效率常得之於工作量率超出其原有容量。故管理人必須實地試驗使工人等明瞭汽鍋之最高工作擔負及其經濟之效率所在。



(二)若汽鍋係用機器燒煤，則工作之人必須由實地試驗以決定此種燒煤機器之需要及其限止。工作之人更必須完全知曉如何工作得奏全功，且須知無煙之煙囪並不顯示爐中之煤得以完善燃燒。常時煙囪中不冒煙因爐中進入太多逾量之空氣使汽鍋之效率丟失極大。

若在機器燒煤之汽鍋，清除爐灰時必須仔細，工作之人必須按法（詳前）清除爐灰，若爐火尚未至應清灰之時而工作之人隨意清除則多數之未經燃燒之煤均落入灰坑。此項丟失皆因工作人之不經心故也。

(三)在不論若何之工廠中，管理人必宜定有標準以查察汽鍋之清潔與否，從工作方面着想，則必須完全明瞭當汽鍋中積有水鹼至若何程度時而工作上發生困難。因汽鍋不能常時清潔而無水鹼，故必須由實地工作之經驗上方能決定限止水鹼積至若何量數前則工作上不發生困難而效率亦不致減低。工作之人須知水鹼在超過規定量前，汽鍋必須停止工作以便洗刷。

(四)管理人必須指教工作之人，任何時間不可使逾量之空氣進入爐中或由磚牆縫中侵入。否則因而丟失效率極

大。洗刷或修理汽鍋時切不可損動牆磚及其他砌置物。

(五)加增汽鍋所用水之溫度即減省汽鍋之工作，故工作之人必須完全明白如何能使汽鍋所用水用乏汽以溫熱至最高之溫度。供給汽鍋用水之抽水機切不可有滲漏之處，否則有多量之乏汽由此漏出而水之溫度因而不能增高。最好能使供給汽鍋用水之抽水機行動一不變更之速度。如抽水機行動遲緩則知有漏處使乏汽由溫熱器內漏出。

(六)工作人之習慣常將汽鍋上之平安活門 (Safety Valves) 開試以察其是否靈活。此種動作最無意識。須知多量之蒸汽因之而損失。伙夫有時不糾正通風力及減低燃燒之煤量，而開啓平安活門以冀減低蒸汽之壓力。此種動作須損失多量之蒸汽必須加以制止也。

多數之工廠皆發現以上所說工作上之缺點，因工作之人未曾明白廠中汽鍋之工作性情致不能得有較完善之結果。此等缺點極易改正，若管理人能告之以不善之處何在及如何為最善之工作法，汽鍋房之每日工作記載（見前）即可用之以指導工人之工作。但現代之工廠中已知僱用較有經驗之汽鍋房工人，因若是則每年節省常可超出所加增之

工資。

管理汽鍋房之第二問題，即關於工作及保管汽鍋之要點，但須視汽鍋之情狀而定，以下為諸要點。

在新汽鍋未列入工作以前必經詳細查看其經受壓力之各部份及其砌置。汽鍋裝置時必須按照製造廠家供給之藍印圖樣上建築，隔板等必須裝置牢固，所有磚牆等砌置之處必須能命汽鍋受熱後發漲自由而不損及牆磚，所有接管之處亦必須能自由發漲，汽鍋裝置完畢後所有存留於內部之殘餘磚塊泥漿等物必須掃除清潔，再將汽鍋之內部查看一週，凡有不潔物均須掃清。有時新汽鍋之內部沾染油或漆，若是則須放入碱粉數磅，然後將水裝入汽鍋，水面之高低約在鍋之中間，先燒一小火，約燒煮十二小時，將火熄滅，俟汽鍋冷後，將其內部洗刷，若此則內部之油膩及漆物均可洗淨，則汽鍋工作之時不致發生困難。

汽鍋上之看水玻璃管必經察看其有無堵塞之處新砌之磚牆必須乾透後，汽鍋方可加入工作。若將灰坑之門錫開及開啓通風門（Damper）則空氣流通使磚牆易於乾透。

新汽鍋或經修理完畢之汽鍋重行工作時不可令其蒸汽

走入總汽管(Steam main)。必俟其蒸汽之壓力與總汽管中之壓力相等時方可開啓停止活門(Stop valve)。開活門時須緩緩開大，裝在汽鍋與總汽管間之接管必須稍向汽鍋方面傾斜使不能有水存留其中。否則水將被蒸汽推入蒸汽機因而發生危害。

每日須將蒸汽壓力計與汽鍋上平安活門校對一次，在小規模之工廠中可將汽鍋中之蒸汽壓力加增使平安活門因之開啓。此時蒸汽之壓力須與平安活門上規定須開啓之壓力相符。否則須用壓力計校對器將該壓力計對準。在大規模之工廠中不能容許此種校對法，因損失蒸汽太多。在此項工廠中蒸汽壓力計及平安活門須在汽鍋停止工作清理時用壓力計校對器(Gauge tester)對準，每日在工作之汽鍋上之平安活門，祇須用手略為開啓以查其是否工作靈活足矣。

汽鍋上所裝之玻管水平線計，用以顯示鍋中水面之高低。有時因汽鍋中之水帶有他物致將玻管阻塞而所顯示者並非真正鍋中水面之高低。故每次工人換班時必須將接在玻管上之活門開啓使水流通一次。若汽鍋所用水不甚清潔則玻管中之水必須常時流放使不阻塞，若是則真正鍋中水

面之高低則顯示於玻管中矣。

有時因工作之人大意或因他種關係致使鍋中之水面降落太低。其唯一之救濟方法是將爐中之火速即熄滅。此時若進多量之水於鍋中則汽鍋必立即爆炸。以下為最妥速之熄滅爐火法。用粗橡皮管將多量之水澆入爐中使火立即熄滅，或用濕灰將火封閉，並將一切通風門緊閉，此種汽鍋須立即停止工作預備修理。必須查明無損壞之處方可重行工作。

汽鍋之容量及其效率多賴於受熱面內外部清潔，前已詳論。故工廠中對於此項清除不可忽視。管子外面之煙灰必須隨時清除，其清除時間相隔之久暫須以所燒煤之等級為根據。最善之法係用蒸汽管將汽鍋管子外之煙灰吹淨，若此則管子外面各部均被吹除清潔。市上有多種之吹煙灰器均可裝置於汽鍋之內。若裝置此項吹煙灰器必須隨時觀察有無漏處。否則此種由蒸汽凝結之水將從漏處滴在汽鍋管子上，則管子發生銹蝕，若滴在磚牆上則發生分裂之處。此種吹煙灰器若裝置之地位適宜則損害汽鍋之處極少。

汽鍋管子之內部須無水鹼積滯，汽鍋所用之水中包含發生水鹼之物質多寡不等。此種水鹼不但能使傳遞於汽鍋

水中之熱量減少而效率與容量亦因之低落。管子內因水之流通遲緩不能吸收多數熱量則管子之外皮容易燒壞。若鍋內之水與管子之內皮緊貼而不被水蘚隔阻則決無被火燒壞之虞。

若爲用機器燒煤之汽鍋火力至強，若管子之內部積有水蘚則管子更易燒壞矣。鬆落之水蘚顆粒能堵塞管子而發生危害。故汽鍋在工作之時切不可用任何藥品加入用水中以清除管子內已成之水蘚。若有油帶入汽鍋中其作用與水蘚相同，因其使水不能與管子之內部貼近。大多數汽鍋管子之損壞皆因積有水蘚之故。

欲保守汽鍋受熱面積清潔，則必須規定汽鍋工作若干日後應停止工作清刷一次。工作日期之長短須視汽鍋所用水之性質而定。

市上所售之刮除水蘚器可分兩種：一爲用高壓空氣轉動者，一爲用水力轉動者。若採用水力轉動之刮除水蘚器，則必須與抽水機連接，該抽水機須能於每分鐘供應水一百二十加侖，水之壓力須爲每方寸一百五十磅，若欲得有效用之結果至少須有九十磅壓力。若用高壓空氣轉動刮除水蘚器，

高壓空氣 (Compressed air) 至少須有每平方寸一百磅之壓力，若能得一百五十磅之壓力則結果更佳。刮除器必須與水連接，使有多量之水由管中沖出，一可使刮除器不發熱，二當水蘚被刮下時即被水沖去。

若汽鍋中之水蘚已積生極厚則刮除極不易而費事。如此種水蘚中含有硫酸質，則必須用鹼水將其煮軟方易刮除。每汽鍋中必須加入一洋鉛桶之碱粉將水加足，然後用矮火將鍋中之水煮滾而不加壓力。俟水緩緩冷下即用刮除器刮除之，不可等候太久，否則水蘚又轉硬也。

若汽鍋中有油亦須照上法用鹼水煮過然後刷清。

如汽鍋內發現有腐蝕之處必先將其洗淨然後將鍋之內部用白鉛油漆過，並須即查察腐蝕之原因而用適當以治之使不再腐蝕。

視察或洗刷汽鍋受熱面之內部，須十分小心將絕門及其他附屬蒸汽弁關緊，使兩傍工作之汽鍋中之蒸汽不能流入，有時因管理人之粗心致使工人被蒸汽燙傷或發生更大之禍患。

汽鍋磚牆上有裂縫必須妥為填補，管子間之隔板必須

裝置嚴密而不使爐中氣體漏過。

汽鍋工作至規定時日後必須停止工作以便洗刷及修理。先將爐火熄滅，候冷至二十四小時後方可開啓。汽鍋必須由其自行慢慢冷透，決不可使冷空氣吹入，否則爐牆等必發生裂縫，此種須洗刷之汽鍋，其內外各部必經仔細視察一番，凡有漏蒸汽漏水及漏空氣之處必須修補完善。因汽鍋工作之時如有漏水之處則發生之危害最烈，水若與磚牆接觸則破損極快，水若與汽鍋上之金屬物接觸則易銹蝕。

汽鍋若留存不用為時太久較之工作者損壞更快。若留存不用之時期不過三個月，此種汽鍋之內外各部必須洗刷清淨，內外部之小竈與煙竈必須刮除淨盡，然後鍋中上水再加入五六洋鉛桶之碱粉，用小火燒數小時將空氣趕出，再將火熄滅然後再將鍋中之水裝滿，若此則不用之汽鍋不致損壞。若汽鍋須五六個月或較長時間內擱置不用，則須將鍋中之水放盡，完全揩抹乾淨，鍋內放置生石灰一盤然後封閉，將爐面遮蓋，再放多量生石灰於其上，再須小心不使空氣蒸汽及水漏入。若此則汽鍋雖經長時間不用亦無損壞之虞。



### 三 汽鍋裝接管子

在汽鍋房之設計中，最需加意考慮者則為管子之裝置。除建築並實用外其要者為管子之大小及其裝置法，可免除蒸汽所凝結之水存留管中而發生困難，及設法使其由輻射而丟失之熱量減小。

工程界對於管子之物質及裝接物之論調各異，以下之提議係由實地工作之結果所得。

管子須用熟鐵或軟鋼製者，現時所製之標準管子皆特別加重而堅固，常稱之謂加重管子(Extra heavy pipe)。管子之大小以管內徑口為標準。下表為標準管子之尺寸，此項徑口之尺寸謂之 Nominal internal diameter 僅名稱的內徑口。

標準加重熟鐵及軟鋼管子之尺寸表

尺 寸 名	管 外 徑		內 徑 口		管 外 周		內 周		裏 口 面 積		每 英 方 尺 管 尺		每 尺 管 重 磅 數	
	標 準	加 重	標 準	加 重	標 準	加 重	標 準	加 重	標 準	加 重	標 準	加 重	標 準	加 重
1/8	4.05	3.69	3.15	2.15	1.272	1.848	.675	.0573	0.563	1.440	.244	.314		
1/4	5.40	3.64	3.02	1.636	1.144	1.949	.949	.1041	.0716	7.075	.424	.535		
3/8	6.75	4.93	4.23	2.121	1.652	1.329	1.191	1.405	1.405	5.657	.567	.738		
1/2	8.10	6.22	5.46	2.639	1.957	1.715	1.304	1.304	2.244	4.574	.850	1.087		
3/4	1.050	8.24	7.42	3.299	2.589	2.331	1.533	1.533	4.324	3.673	1.130	1.473		
1	1.315	1.049	9.97	4.131	3.292	3.007	1.826	1.826	7.193	2.904	1.678	2.171		
1 1/4	1.630	1.350	1.278	5.215	4.335	4.015	1.406	1.406	1.287	2.301	2.272	2.996		
1 1/2	1.900	1.610	1.500	5.969	5.061	4.712	2.038	2.038	1.767	2.010	2.717	3.631		
2	2.375	2.067	1.639	7.461	6.496	6.092	3.358	3.358	2.953	1.608	3.652	5.022		
2 1/2	2.875	2.469	2.323	9.032	7.753	7.298	4.784	4.784	4.238	1.328	6.793	7.461		
3	3.500	3.068	2.900	10.996	9.636	9.111	7.388	7.388	6.605	1.031	7.575	10.252		
3 1/2	4.000	3.548	3.364	12.566	11.146	10.568	9.887	9.887	8.888	.955	9.109	12.505		
4	4.500	4.026	3.826	14.137	12.645	12.020	12.730	12.730	11.497	.849	10.790	14.983		
4 1/2	5.000	4.506	4.280	15.708	14.162	13.477	15.961	15.961	14.454	.764	12.538	17.611		
5	5.563	5.047	4.813	17.477	15.849	15.121	19.990	19.990	18.194	.687	14.617	20.778		
6	6.625	6.065	5.761	20.813	19.054	18.099	28.888	28.888	26.067	.577	18.974	28.573		
7	7.625	7.023	6.625	23.955	22.063	20.813	38.738	38.738	34.472	.501	23.544	38.048		
8	8.625	7.981	7.625	27.096	25.076	23.955	50.040	50.040	45.964	.443	28.544	43.388		
9	9.625	8.941	8.625	30.238	28.089	27.096	62.776	62.776	58.426	.397	33.907	48.728		
10	10.750	10.020	9.750	33.772	31.477	30.631	78.839	78.839	74.662	.355	40.483	54.735		
11	11.750	11.000	10.750	36.914	34.558	33.772	95.033	95.033	90.763	.325	45.557	60.075		
12	12.750	12.000	11.750	40.055	37.700	36.914	113.098	113.098	108.430	.299	49.562	65.415		

凡飽和蒸汽 (Saturated steam) 之壓力不過一百六十磅者，凡過 14 英寸徑口之管必須用  $\frac{3}{8}$  英寸厚之 *O. D.* 管子，其餘之管子須用標準者，高壓力之汽鍋用水管子等須用加重者。

加熱溫度之蒸汽 (Super-heated steam) 壓力由一百五十磅至二百磅者，凡經高壓之汽鍋用水管子及蒸汽管子須用有絲扣之輪緣 (Threaded flanges) 連接，六寸或六寸以下之高壓蒸汽管子須用加重者，14 英寸或 14 英寸以上之管子須用  $\frac{3}{8}$  厚之 *O. D.* 管子。

不增熱溫度之蒸汽 (Saturated steam.) 壓力不過 160 磅者用熟鐵管子接以有絲扣之鑄鐵輪緣 (Cast iron threaded flanges)，凡高壓蒸汽管子上所用之輪緣須為加重者 (Extra heavy)，凡抵壓蒸汽管子上所用之輪緣須為標準者 (Standard flanges)。

加熱溫度之蒸汽壓力在 160 磅以上者所用凡 4 英寸以上之管子須用鋼製輪緣接連。

接管子之另件 (Fittings) 若彎頭，三通及活門等用於不增熱溫度之蒸汽管子上者須照以下之規定。蒸汽壓力不超

過 160 磅者， $3\frac{1}{2}$  英寸之管子上之另件兩頭有絲扣(Screwed) 4 英寸以上之管子上所用之另件兩頭須帶輪緣，另件均用鑄鐵者，高壓管子上用加重者，低壓管子上用標準者。

加增溫度之蒸汽不過七十度 ( $70^{\circ}F$  superheat) 壓力不過 160 磅者亦可用鑄鐵 (Cast iron) 之另件，若增熱之溫度在七十度以上另件須用鋼鑄者 (Cast steel)。 $3\frac{1}{2}$  英寸管子上之另件須帶絲扣 (Screwed ends)，4 英寸以上之另件須帶輪緣 (Flanged ends)。

凡用於 160 磅壓力之管子上，或低壓管子及高壓管子另件上之輪緣，面上必須在機器上刨平中間起槽以備裝置橡皮墊 (Rubber gaskets) 之用。用於高壓蒸汽管子上之輪緣其螺絲眼之裏圈必稍增高刨平，若此則裝置橡皮墊後決無漏汽之虞。

用於 150 磅壓力不增溫度之蒸汽管子上的活門 (Valves) 二英寸者兩頭帶絲扣， $2\frac{1}{2}$  英寸以上者兩頭須有輪緣。凡 6 英寸以上之活門用於高壓蒸汽管上者必須裝有適當之傍通管 (By-pass)。凡用於增熱溫度蒸汽管上之活門須照以下之規定。壓力在 160 磅以上，增熱溫度不超過七十度者 ( $70^{\circ}$

*F* super-heat), 活門用鋼製者有時用鑄鐵者亦可, 惟此種活門之旋桿 (Spindle) 須用銅 (Bronze) 製者。若蒸汽壓力及溫度超過以上之數者, 則所用之活門其外部須鋼製者, 其內部各件須用不能銹蝕之金屬 (Monel Metal) 製成。

鹽水管子上所用之活門須用銅製者。

自動之停止活門 (Automatic stop and check valves) 廣為採用於汽鍋上, 按汽鍋工作章程必須裝置此項自動活門, 其最適當之裝置處為汽鍋上之蒸汽出口處。若有兩隻或數隻汽鍋連接除裝置此項自動活門外尚須裝置一能暢開之活門 (Gate valve) 於汽鍋連接之總汽管上。

減壓活門 (Relief valve) 必須裝置於汽鍋用水之抽水機 (Feed pump) 之出水管一面及汽鍋用水溫熱器出水口上 (Discharge side of the feed water heater)。

流通汽鍋用水之管子 (Feed line) 必須用加重管子 (Extra strong pipe), 因熱水有腐蝕性也。接管子處所用之輪緣亦以鋼製者為上, 鐵鑄者常因漲縮而破裂。汽鍋用水管子上之活門必須用圓球式 (Globe pattern) 者, 若用他種式樣之活門不易校正而常發生軋軋之聲。

蒸汽及水管子上所用之阻漏墊 (Gasket)，若壓力不過 160 磅者用  $\frac{1}{4}$  英寸厚之夾鐵絲的橡皮墊所得之效果極佳。低壓管子上所用之阻漏墊皆用帆布夾黑橡皮者，油管子所用之阻漏墊係一種特製者。用在 160 磅以上壓力之加熱蒸汽管上之阻漏墊須為軟鋼片製者。

蒸汽管子之適當呎吋必須根據以下之事實而定。最要者為蒸汽在管內之速率及管外輻射之熱量。管子之呎吋加增則輻射之熱隨之加增。若管子之呎吋減小則同量之蒸汽速率加增，壓力降落亦多。

現代工作之實試即加增蒸汽之速率，對於加熱溫度之蒸汽更為注意。從前最善之工作係限止蒸汽之速率每分鐘行六千尺。但現代對於加熱溫度蒸汽之實試係每分鐘有一萬五千尺之速率，且常時超過此數。故蒸汽速率之限止須依據壓力降落而規定。由實地試驗上所得則壓力之降落並無若何損失。蒸汽在管中流通時其壓力升降不同之能力結果為熱力，此種熱力或蒸發由蒸汽凝結之水或在管上輻射，管子減小則減少管子之輻射熱面，亦減少蒸汽凝結之水，因由壓力降落而放出之熱，可用減除蒸汽凝結為水，並減少由輻

射而損失之熱量。且蒸汽走入機器時亦較乾燥，加熱之溫度亦高，故蒸汽之速率加增可得以上之各優點也。若汽鍋內能保守蒸汽壓力使其走入機器時不降落至機器所需要之壓力以下，則因蒸汽之速率加增而稍降落之壓力反經濟而無損也。

管子裝置之設計，除擇定最適當之呎吋外其要者為設備移去由蒸汽凝結之水。不論如何裝置之管子中均有此種水之存在。若此種水被帶入機器內立即發生困難。因水行動速時其力甚大常能將管子及接連處擊破，即有少量之水存留管子內或機器中則發生撞擊之聲，久之使管子滲漏或機器損壞。常因此而發生危難之後皆以為汽鍋中所發生之蒸汽帶水，實則管子之裝置不良有以致之。使蒸汽走入有水之冷管子中其結果最為害，汽之速率既高，水之撞擊尤烈，則管子常因之破裂。6英寸徑口 150 尺長之不包蔽之管子，每小時有 3600 磅之高壓蒸汽經過其中，則凝結之水量數常達百分之六。是以須有極奏效之方法以移除管中之積水而免發生困難，以下之提議頗合實用。

管子之裝置地位必須隨蒸汽流動之方向。若須有裝向

上之處則管子下必裝一流水小管子。凡總汽管或重要枝管盡頭處或低下處必須裝流水小管子。枝管必須接在總管上面不可從總管下面連接。供給機器之蒸汽管須裝有蒸汽與水分開器(Separator)貼近機器上之總舌門(Throttle)。分開器上流水管須通溝渠，凡流水管上須裝阻隔活門(Check valve)阻蒸汽走入。

活門(Valves)裝置之地位，不論在開啓或關閉之時均不能有水留滯其中。圓球式活門(Globe valve)裝在管子上必有水存留，除非裝在直立之管子上。能暢開之活門(Gate valve)可以橫裝直裝或斜裝。直接裝於汽鍋上之蒸汽出口處者必須裝一流水管(Drain)於其上。

高壓蒸汽管上之流水管(Drains)須引入汽鍋用水溫熱器內。蒸汽機汽缸下之流水管之下端不可通入溝內之水中。否則機器開動或停止時恐將溝中之水吸入汽缸。

管子上輻射之熱量結果使蒸汽凝結，此項輻射之熱量雖不能完全免除，若管子裝置合宜可以減小。不包蔽之管子上每小時每平方管面上(管內蒸汽與管外空氣每華氏溫度相差)可輻射去 3 B. T. U. 之熱量。若管子上包有 1½ 英寸



厚之包蔽則輻射之熱量僅上數十分之一。

各種管子包皮之效果（見第三章第八節中）。

凡蒸汽管子輪緣，活門身上 (Valve body)，汽鍋用水溫熱器 (Heater) 及蒸汽與水分開器上 (Separator)，均須用不傳熱物質包蔽，（以石棉粉製者效果最佳）。總蒸汽管，汽鍋外部及蒸汽機之汽缸均須遮蔽以2英寸厚之碳酸鎂粉。其餘之管子用一英寸厚用上之物質包蔽。未包蔽以前先漆一層紅鉛油，包好後外面再包一層帆布，再用鐵皮或銅皮箍緊。

管子經熱後須發漲故裝置時必須妥為支托，使其自由發漲而無損礙。並有一較大之灣轉處以備發漲之需。

發漲率之實在與理論所得者略同。經實地之考察所得，一長有二百九十三英尺之總蒸汽管，經過 190 磅壓力而加熱  $125^{\circ}F$  蒸汽後漲出  $8\frac{1}{2}$  英寸。按照理論計算約九寸有奇。故兩者略同也。

#### 四 蒸汽之流行

蒸汽經過管子與水經過管子流行相似。恩溫氏(Unwin)

所立之公式如下。

因在管內摩擦而丟失之能力為  $E_f$ 。

$$E_f = \frac{f \times 2v^2 WL}{gd} \quad (1)$$

$W$  = 每秒鐘蒸汽經過管子之磅數。

$v$  = 蒸汽每秒鐘之速率以英尺計。

$L$  = 管子之長短以英尺計。

$d$  = 管口之直徑以英尺計。

$g = 32.2$ 。

$f$  = 摩擦係數。

摩擦係數  $f$  由試驗所得，其數至多，蓋其隨管口直徑之大小及蒸汽之速率而變更。但因蒸汽速率之更變其數極微，故上項係數僅隨管口直徑之大小而更變。蒸汽之速率每秒鐘以 100 英尺計。恩溫氏所得之公式

$$f = k \left( 1 + \frac{3}{10d} \right) \quad (2)$$

$k$  = 試驗所得之不變乘數， $d$  = 管口直徑以英尺計。

$k = 0.005$  水與空氣。

$k = 0.0027$  蒸汽。

若以  $D$  代表每立方英尺蒸汽之重量磅數。

$p$  = 因摩擦而丟失之壓力以  $\frac{lb}{sq.in.}$  計。

$$p = \frac{Dv^2L}{72gd} \times k \left(1 + \frac{3}{10d}\right) \quad (3)$$

每分鐘蒸汽經過之磅數以  $M$  代表。

$$v = \frac{9.6M}{\pi d^2 D} \quad (4)$$

用  $k=0.0027$  以第(4)公式所得之  $v$  值代入第(3)公式內再以  $d_1$  代表管口直徑以英寸計，則每分鐘由管中流過蒸汽之磅數

$$M = 87 \times \left[ \frac{p D d_1^5}{\left(1 + \frac{3.6}{d_1}\right) L} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

以上第(5)公式為現代採用以計算每分鐘由管子內經過蒸汽之磅數。

$D$  = 須管子兩端之壓力平均數算。

因第(5)公式臨時計算之煩，茲按以上公式算出下數，列表於左供採用之便也。

蒸汽在管中流行表 Flow of steam through pipes

壓力計讀數 Initial gauge pressure lb. sq. in.	管口直徑以英寸計										管長 = 240 倍直徑													
	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	15	18	管子兩端壓力相差以一磅計									
	每分鐘蒸汽通過磅數																							
1	1.16	2.07	5.7	10.27	15.45	25.38	46.85	77.3	115.9	211.4	341.1	502.4	804	1177										
10	1.44	2.57	7.1	12.72	19.15	31.45	58.05	95.8	143.6	262.0	422.7	622.5	996	1458										
20	1.70	3.02	8.3	14.94	22.49	36.94	68.20	112.6	168.7	307.8	496.5	731.3	1170	1713										
30	1.91	3.40	9.4	16.84	25.35	41.63	76.84	126.9	190.1	346.8	559.5	824.1	1318	1930										
40	2.10	3.74	10.3	18.51	27.87	45.77	84.49	139.5	209.0	381.3	615.3	903.0	1450	2122										
50	2.27	4.04	11.2	20.01	30.13	49.48	91.34	150.8	226.0	412.2	665.0	979.5	1567	2294										
60	2.43	4.32	11.9	21.38	32.19	52.87	97.60	161.1	241.5	440.5	710.6	1046.7	1675	2451										
70	2.57	4.58	12.6	22.65	34.10	56.00	103.37	170.7	255.8	466.5	752.7	1108.5	1774	2596										
80	2.71	4.82	13.3	23.82	35.87	58.91	108.74	179.5	269.0	490.7	791.7	1166.1	1866	2731										
90	2.83	5.04	13.9	24.92	37.52	61.62	113.74	187.8	281.4	513.3	828.1	1219.8	1951	2856										
100	2.95	5.25	14.5	25.96	39.07	64.18	118.47	195.6	293.1	534.6	862.6	1270.1	2032	2975										
120	3.16	5.63	15.5	27.85	41.93	68.87	127.12	209.9	314.5	573.7	925.6	1363.3	2181	3193										
150	3.45	6.14	17.0	30.37	45.72	75.09	138.61	228.8	343.0	625.5	1009.2	1486.5	2378	3481										

上表用第(5)公式算出每分鐘流行過蒸汽之磅數，管口直徑由  $\frac{3}{4}$  英寸至 18 英寸，管長按 240 倍管口直徑算，原有蒸汽壓力由一磅至 150 磅，管子兩端壓力相差數為一磅。

用上表可計算各種長短管子及不同壓力相差之蒸汽磅數，以  $L$  代表管子長短， $d$  代表管子直徑均用英寸計， $l$  代表壓力降落磅數， $Q$  代表照上表情況下所得之蒸汽磅數， $q$  代表在不同之情況下應得蒸汽之磅數。

如管子之長短不同而所經過之蒸汽磅數與上表同，則壓力降落

$$l = \frac{L}{240 d} \quad (6)$$

若管子之長短與上表同，而壓力之降落不同則蒸汽經過之磅數。

$$q = Ql^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

若管子之長短及壓力之降落與上表各異則蒸汽經過之磅數

$$q = Q \left( \frac{240 dl}{L} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

例如：原有蒸汽之壓力為每方寸 100 磅，管口直徑為 6 英寸，管子長 720 尺，管子兩端之壓力相差為 4 磅，求蒸汽每分鐘經過之磅數。

按照表上之情況下，原有壓力 100 磅，管口直徑 6 英寸， $Q=293.1$  磅，照現在之情況下，每分鐘應通過之蒸汽

$$q = Q \left( \frac{240 dl}{L} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{則 } q = 293.1 \left( \frac{240 \times 6 \times 4}{720 \times 12} \right)^{\frac{1}{2}} = 239.3 \text{ 磅。}$$

彎頭 (Elbows)，圓球式之活門 (Globe valves) 及方口接管 (Square ended entrance to pipes) 均能阻止蒸汽經過自然。此項裝置所發生之阻力習慣上均按管子長短計算，與以上之裝置各件有同等之阻力。

方口接管之阻力與 60 倍徑口之長短管子相等。

正角彎頭之阻力與 40 倍徑口之長短管子相等。

球形式活門與 60 倍徑口之長短管子相等。

例如 2 英寸徑口之正角彎頭其阻力與  $(40 \times 2)$  即 80 英寸長之管子的阻力相等。

高壓之蒸汽向低壓處流行，其速率加增隨兩端壓力相

差，速率加增至最高點時當一端之壓力適為蒸汽原有絕對壓力百分之五十八 (58% of the absolute initial pressure)，過此相差點後蒸汽之流動速率不增亦不減，即減小一端之壓力至真空，蒸汽之流動速率亦無增減，當蒸汽由管內流入空氣中其最低之絕對壓力為 25.37 磅 absolute，較此再低之壓力則空氣之絕對壓力 14.7 磅 absolute 超出 58% 蒸汽之壓力。下表為蒸汽流行之速率每立方尺蒸汽之重量為不變數，其實在流動之速率須按每分鐘每平方寸之管口中流出之量數(空氣之絕對壓力為 14.7 磅 absolute 在管口發漲之比例為 1.624)。以下之公式為計算流入空氣中蒸汽之量數。

$$W = \frac{pa}{70} \quad (9)$$

$W$  = 每秒鐘蒸汽流出之磅數。

$p$  = 每平方寸上之絕對壓力之磅數，(pounds per sq. in. absolute pressure)

$a$  = 出口之面積 (area of the orifice) 以平方寸計。

若蒸汽由高壓至低壓流行出口，其低壓大於 58% 之高壓，則每分鐘流行出口之量數照以下公式計算。

$$W = 1.9 ak\sqrt{(p-d)d}$$

$W$  = 每分鐘流出蒸汽之磅數。

$a$  = 出口面積以平方寸計。

$p$  = 原有蒸汽之絕對壓力 (absolute initial pressure pounds per square inch) 之磅數。

$d$  = 兩端相差之壓力 (pounds per square inch), 磅數。

$k = 0.93$  (短管子用)  $k = 0.63$  (圓孔或平安活門用)

### 蒸汽流行入空氣表

原有之絕對壓力 Absolute initial pressure, pound per square inch.	不變密度 - 蒸汽流動速率 Velocity of outflow at constant density, feet per second.	實在流出速率每 秒鐘以英尺計 Actual velocity of outflow expanded, feet per second.	每平方寸出口 每分鐘流出蒸汽之磅數 Discharge per square inch of orifice per minute, pounds	每平方寸出口流出之馬力每小時 30磅蒸汽算 Horse-power per square inch of orifice, taking H. P. = 30 pounds per hour.
25.37	863	1401	22.81	45.6
30	867	1408	26.84	53.7
40	874	1419	35.18	70.4
50	880	1429	44.06	88.1
60	885	1437	52.59	105.2
70	889	1444	61.07	122.1
75	891	1447	65.30	130.6
90	895	1454	77.94	155.9
100	898	1459	86.34	172.7
115	902	1466	98.76	197.5
135	906	1472	115.61	231.2
155	910	1478	132.21	264.4
165	912	1481	140.46	280.9
215	919	1493	181.58	363.2



## 五 汽鍋房之管理

工廠中有最完善之設備並有富有知識者司理其事亦不一定能得到最經濟之結果。除非管理人能常時運用其知識於每日工作中方可卜得妥善之效果。工廠管理本為不易之事，若將汽鍋房之工作操之於平常工人之手中，既無相當儀器以查察工作之狀況，復乏富有經驗之人常時試驗汽鍋工作之能力，則工作之費用耗費常達百分之三十或且過之。故管理汽鍋房者非經隨時考察汽鍋工作之優劣及其利害所在則決不能得到經濟之結果。製造汽鍋廠家之設計工程師雖能由其經驗而能預算其構作汽鍋可得到之效率，但工廠中之管理人不常能有豐富之經驗而能得同樣工作之效率。此書前五章即詳述一切工作及管理汽鍋之法，全書中所述均係實地工作上所得之結果，與教科書中之理論大相迥異也。

欲管理汽鍋房得當須隨以下之三大步驟。

(一) 慎重考察每隻汽鍋工作之狀況，如何設施方可得最高之工作效率。

(二) 由常時之試驗中能尋出汽鍋之最優的工作狀況所

在並如何能常時保守汽鍋在此最優之狀況下工作。

(三)在實際上工作對於以下各點均須顧及，方可得到獲益的結果。

(甲)工作之安全。(乙)保障僱員健康。(丙)工作之消費。(丁)支持工廠之費用。(戊)不生產各部之消耗。

廠中之一切工作計劃應由工廠計劃部負責，該部須考察及研究逐日汽鍋之工作，在各種更變情況下，若更換新燃料，設置新汽鍋或新機器時，或工作擔負有增減等，該計劃部必須立即考察並尋出在此種新狀況下應若何工作可得最經濟之效果。

試驗工作須用有經驗之人，若用未經訓練之人從事此項工作，既費時間又徒耗費用，所得之結果既不準確，若採用之非徒無益而有害也。試驗時須有在各種狀況下之完全記載，祇有繼續工作時間中之完全記載為有用而可靠。除此之外他種記載實無若何價值。且試驗汽鍋工作時非須連同工人之工作情狀記載於內。因在同一或不同之工人手中不能在不同之時間內產生同樣之結果。試驗時所得之各項記載必須小心核算，並試驗數次以校對所得之結果。由此決定

在何種工作法下不論何時可得同樣之結果。試驗汽鍋之目的係欲尋出最善之工作法由此而得經濟的效果。一經獲得此種工作法後即須用最簡單之文字寫出訓練單，使平均之工人經過此種訓練而實試後能跟從此種工作法。

僱員之心願及才技常欲做適宜之工作，但未明瞭何者為適當之工作以前，雖有此項心願與才技亦無所措置。此項僱員既須每日隨常工作則無時間能作研究或試驗工作。若計劃部，不將汽鍋試驗而教以工作之法並供給應用儀器以助之，則工作之結果不良非僱員之罪也。

對於決定最佳之工作狀況所在係管理人之責任，既知每隻汽鍋之最佳工作狀況，則備有簡單說明將工作支配於各組之員司。此種說明書須包括廠中之工作順序及在何種之工作法下可得最佳之結果。此種由研究及試驗所得之知識必須用以教練廠中工作之員司，員司之責任即須保守此項工作狀況，若各事均循理而行之，不得最經濟之結果者未之有也。

每一工人之值須察其是否按教練法而做所支配之工作以償之，不能按最後之結果以償其值。因有時此項結果非人力之能管轄。例如汽鍋之效率因受熱面不潔之故而低落，則

當歸咎於清掃汽鍋之人。因其未將煙灰完全清除，伙夫雖燒火適當亦不能加增效率，故其罪不在伙夫也。若汽鍋磚牆及隔板等之漏處未曾修補嚴密而丟失汽鍋之效率則須責罰管理此項工作之僱員。是以欲保守最高之效率必須常時頂真察看一切設備及監察工人之工作，察看，清掃，及修理汽鍋等工作之相隔時間必須由計劃部妥為規定。

每一僱員必須因其工作之奏效受相當之報酬。凡工人不能工作適當則能得每日之工資而無花紅，若罪不在工人則仍應照分花紅。例如更換一種新煤其燒火法完全根據計劃部所規定者。且擇定最佳之工人燒火，而不能得到所要之結果，則此項損失應歸計劃部擔負，不能歸咎於汽鍋房之管理人及伙夫。

僱員如犯有以下各條者則罰去花紅。

- (一)僱員不按規定之指導工作。
- (二)僱員不遵守所定之工作法而工作。
- (三)工作欠細心於清理及修補工作。

有時工作者並無過失，其不能達到最高之效率者因計劃部疏忽之故，故計劃部之工作並非易事，必須充分之供應

以觀察及校對廠中工作之結果，並根據過去之記錄。故工廠中之汽鍋房內無需要的儀器之設備，決無希望得到經濟之工作。

工廠管理法之組織可簡列於下。

此項組織包括兩種不同的即計劃與實行是也。

工廠中之主腦為總工程師，廠中之僱員之工作適當與否由其負責，並須服從及實行計劃部之命令。

計劃部係在督察長之監察之下，部中之工作由計劃工程師負責。計劃部之工作包括工作命令，指導法，記錄，記載工人之工作時間，費用及僱員名數。計劃部須接受一切要求，並與總工程師，總電氣技師及總管保守工作人合作。計劃部須將工作之進行及奏效之工作法報告於督察長，並將廠中工作之記錄傳送於督察長。計劃部並須兼管購辦收受及分發一切廠中須用之物料。

在汽鍋房內每班工人必須有一工頭，歸其管理各部之工作情況，工頭必須查看每伙夫是否有足敷需用之煤，汽鍋中之水面與汽鍋用水之抽水機之工作是否適當，每一伙夫在一定之汽鍋上工作，每人均有所需用之火把和火棒，每人

均須教其指定之工作法及讀儀器法。此種工頭須對於每工人之工作負完全責任，並須教導工人如何根據計劃部之指定法工作。隨時須查看，爐中加入之煤量數適當否，燒煤機器（如係用機器燒煤者）及風扇行動之速率相合否，火之厚薄與通風力是否指定法上相合，且須隨時教導伙夫出灰及清火之法。工頭之責任不僅訓練伙夫如何工作為最佳，必須有時自行動手工作俾伙夫明瞭，若是則伙夫經其時常訓練，自能工作良善也。

普通汽鍋房之記錄單其式樣附於書末，管理人須根據廠中之需要而採用之或增改之。

汽鍋房內裝置，自動記載以助理工作其效力之偉已詳述之。余前在京時曾改良一小工廠，該廠每日約燒煤二十五噸，因乏相當之儀器以指導管理人，故其蒸發量甚低。因為其購置二氧化碳記載機，通風指示計，量溫度計，化驗煤之儀器，所費甚微，裝設之後，每月節省節煤一百六十噸有奇，每年節省燃料之價值約四倍於購裝儀器之費用。用此項儀器可得良好之結果已顯明矣。

現代所製造之自動記載儀器更為簡明。雖價值較昂，然

---

其自動之記載錄，可用之以比較工作狀況，由此可得最佳之結果所在，故管理工廠者欲得最高之汽鍋效率，不可不採用也。





汽鍋房記錄單 (第二式)

工 作 結 果					煤 帳	磅數
工作時間	上午 七至三	下 午 三至十一	下上午 十一至七	總結		
工作汽鍋所燒煤 封火汽鍋用不列入					新運到煤	
蒸發之水量 磅					在二十四時 內運進之煤	
實數蒸發比例					前存煤	
蒸發因數					在上午七時 存煤	
等量之蒸發					工作汽鍋用 煤	
效率					封火汽鍋用 煤	
蒸發千磅蒸汽燒煤					燒煤總數	
發電機日蒸汽 磅					後存煤	
每電力單位 Kw. 每小時用蒸汽 磅					記事錄	
每電力單位 燒煤 磅						
每電力單位 燒煤連封火用煤磅						
每小時 每平方尺爐面燒煤						
每磅煤之熱值						
發電機數						
					總工程 師簽名	
					核對人 簽名	





中華民國二十五年四月初版

大

(93734)

工業實驗汽鍋管理法一冊

每冊定價國幣壹元

外埠酌加運費匯費

編著者 姚幼蕃

發行人 王雲五  
上海河南路

印刷所 商務印書館  
上海河南路

發行所 商務印書館  
上海及各埠

\*\*\*\*\*  
\* 版 翻 \*  
\* 權 印 \*  
\* 所 必 \*  
\* 有 究 \*  
\*\*\*\*\*

（本書校對者陳忠杰）

一〇七七上

代

