



现代轮船上的 机械化与自动化

張文治編著

人民交通出版社

7-43.5
1203

目 录

一、机 械 化

1. 鍋爐輸煤的运输机械化	2
2. 鍋爐机械加煤	2
3. 鍋爐运出灰渣的机械化	5
4. 鍋爐燃煤机械化的使用情况	6
5. 江船用濾清水的机械化	6

二、自 动 化

1. 自动化的用途	8
2. 自动化的种类	11
3. 自动化設備情形	13

三、自动控制理論

1. 基本公式	23
2. 自平衡时的自动控制公式	23
3. “硬性回导”的自动控制公式	26
4. 控制量的最大偏差(震幅)	30
5. “彈性回导”的自动控制公式	31
6. 調整物速度变动的求法	35
7. 事务馬达的控制公式	38
8. 事务馬达的動力性能	42

Y-43.5
1203

目 录

一、机 械 化

1. 鍋爐輸煤的运输机械化 2
2. 鍋爐机械加煤 2
3. 鍋爐运出灰渣的机械化 5
4. 鍋爐燃煤机械化的使用情况 6
5. 江船用濾清水的机械化 6

二、自 动 化

1. 自动化的用途 8
2. 自动化的种类 11
3. 自动化設備情形 13

三、自动控制理論

1. 基本公式 23
2. 自平衡时的自动控制公式 23
3. “硬性回导”的自动控制公式 26
4. 控制量的最大偏差(震幅) ... 30
5. “彈性回导”的自动控制公式 31
6. 調整物速度变动的求法 35
7. 事务馬达的控制公式 38
8. 事务馬达的動力性能 42

777/16

为了节省劳动力及增加工作效率，现代輪船上的机械化、自动化的设备与远控的设备迅速增多。这种设备的发展亦日新月异，不能一一例举。作者仅就机爐艙方面普通所用的机械化与自动化加以介绍，并对控制論（自动化学說）作初步論述。

一、机 械 化

1. 鍋爐艙煤的运输机械化

图 1 及 C—D 切面。船的兩边煤艙各有練板运输机。馬达 (12) 馬力 1 匹，每分鐘 750 轉，經過 350 : 1 的減速帶动練板輸送机 17，其速度为 0.0072 公尺/秒，輸送量为 4.5 吨/小时，將兩边艙的煤由其后部送至前部落于煤筒 B 內（图 2）。煤筒 B 与練条箱 23 相联，內有練板运输机 24 將煤由船的兩边送至中部。練板运输机 24 各为 1 馬力的馬达，每分鐘 900 轉，經過 350 : 1 的減速所帶动，运输机的速度为 0.0095 公尺/秒，运输量为 5.5 吨/小时。煤运至中部后落于碎煤机 29 內。碎煤机各为 3 馬力的馬达，每分鐘 1450 轉，經過 57 : 1 的減速所帶动。如下节所述燃煤机械化的鍋爐，煤进入爐膛的尺度須以 20~30 公厘为最佳，不然將損坏机械，故煤須經過压碎始合应用。煤压碎后由練斗升降机 30 运送，此升降机为 1.5 瓩的馬达，每分鐘 1450 轉，經過 350 : 1 的減速所帶动，运输量为 5 吨/小时。煤运上后則落于煤箱 C 內，再經煤管 T 落入鍋爐的落煤箱 B 內（图 3），以供推板加煤机之用。

2. 鍋爐机械加煤

船用鍋爐燃煤机械化，本文將予具体說明^①。岸上鍋爐机械加煤法，种类甚多，但在船上以位置关系，現在只有二种在船上使用成功，一为推板式加煤机，一为旋轉式抛煤机。

① 陳紹綱同志在“中国造船”第 30 期作了系統的介紹。

(a) 推板式加煤机。图6表示推板R推煤时，煤在爐条上燃燒的过程，即R开始先将未燃燒的煤推进，推至爐条中部时則將正燃燒的煤向前推进，推至爐条后部时再將已燒的灰渣推出。

图7, 8, 9表示推板式加煤机的結構情况。馬达M, 4班, 每分鐘900轉以25:1減速的轉动蜗螺絲 T , 將蜗輪G轉动。練輪S与G輪在同一軸上轉动。馬达在20~30秒鐘的時間內反正旋轉一次(反轉速度較正轉速度大), 当馬达正旋轉时, 練輪轉动練条C使它向左移动, 經過A, E, F使推板R將煤箱B的煤由 R_1 处推进以达于 R_2 位置, 將灰渣推入碎渣机N內。此时馬达立刻改为反轉, 練輪S轉动練条C使它向右移动, 使推板R退至 R_1 处。此馬达M將按鍋爐負荷的大小, 自动控制其停歇時間(1分鐘至20分鐘)的長短, 以变动爐膛每分鐘进煤的数量。練条的松紧將由 L', L, H 調整。

因E帶动推板在水管 P_1 及 P_2 (或爐条之間)之間往返移动, 离开推板之处, 系二管之縫隙, 將有煤落下。为了补救此缺点, 練条上帶有D將此縫填补。水管P包有爐条板, 其上有空气眼。練条旁板H下, 有平板V, 使H在其上滑动。推板R与E板焊牢, 二E板及二A板之間有滾輪F, 亦在平板V上轉动, 二个滾輪F將R架起, 使R下面与爐条上面尚留有一小縫, 以免发生摩擦阻力。

(b) 旋轉拋煤机(图10)。煤由練板輸送机將煤送入加煤斗A內。A的下部有一往复推煤器C。煤推入后落在拋煤叶片D上。D由馬达及減速齒輪的帶动而旋轉。当D旋轉时, 其叶片即拋煤至爐膛中。推煤器C由D經過齒輪、偏心及連杆而往复滑动于其下的平板上。移动連杆及偏心的位置可將C的往复行程变大或变小, 使煤多进入或少进入爐膛。此行程的变化視鍋爐負荷的大小由自动燃燒器控制或人工控制。

如2400馬力的拖輪有二个鍋爐。每个鍋爐的煤消耗量为2840磅/时, 每分鐘为 $2840/60=47.3$ 磅/分= $\frac{47.3 \times 45}{2240}=0.952$ 呎³/分。

每个推煤器应推进的煤

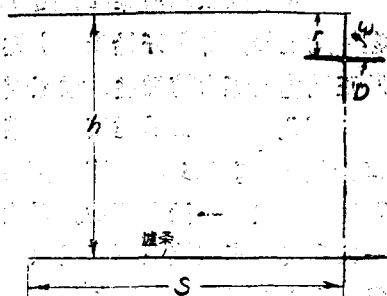
$$= \frac{0.952}{2} = 0.476 \text{ 呎}^3/\text{分}。D \text{ 每}$$

分鐘旋轉170轉。C的每分鐘往

复数 $=850 \times 20/100 = 170$ 。C往

$$\text{返一次的推煤} = \frac{0.476 \times 1728}{170}$$

$= 4.8 \text{ 吋}^3$ 。C的宽度 $=12 \text{ 吋}$,



高度为1吋, 則其往返行程 $= \frac{4.8}{12 \times 1} = 0.4 \text{ 吋}$ 。以此行程的变动可用1吋的最大行程。

$$h = \frac{gt^2}{2}, \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$V = \omega r, \quad N = \text{每分鐘轉数}, \quad \omega = \frac{N \times 2\pi}{60}$$

$$V = \omega r = \frac{2\pi r N}{60}$$

$$S = Vt = \frac{2\pi r N}{60} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

最大 $r = 4.125''$, $N = \text{每分鐘}850 \text{ 轉}$, $h = 2' - 0''$

$$S = \frac{2\pi \times 4.125 \times 850}{60 \times 12} \sqrt{\frac{2 \times 2}{32.2}} = 10.8 \text{ 呎}$$

此爐实际的爐条長度(由D的中心起) $= 9.833 \text{ 呎}$ 。10.8 - 9.833 = 0.966' 以克服爐內空气的阻力。

$$\text{最小 } r = 0.5'', \quad S = \frac{2\pi \times 0.5 \times 850}{60 \times 12} \sqrt{\frac{2 \times 2}{32.2}} = 1.31''$$

D的中心距爐条的右端 $= 1.1'$ 。1.31 - 1.1 = 0.21' 以克服空气阻力。

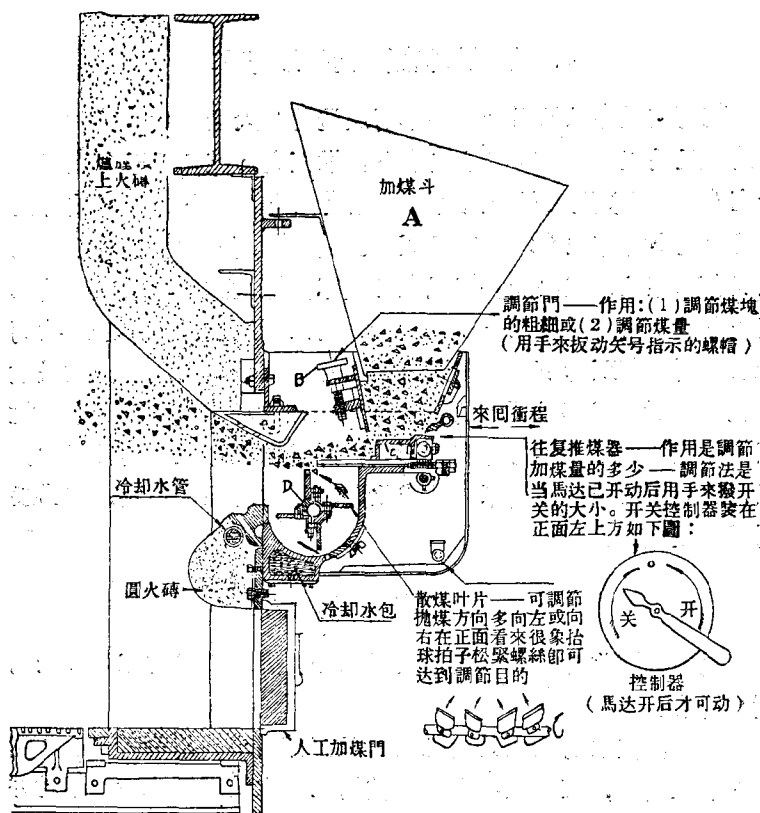


圖10 旋轉拋煤机

3. 鍋爐運出灰渣的機械化

圖7表示推板將灰渣在爐條後部推出落於碎渣機N(或圖3的31)中,為滾子 R_1 及 R_2 壓碎落於螺旋輸送機S上(圖3及圖5)。碎煤機為6.7馬力,每分鐘1450轉的馬達經過35:1的減速所帶動,螺旋S每分鐘33轉,運量為0.4噸/小時。當二部鍋爐壓碎的灰渣運至船的中部的U箱後為鍊斗升降機32經T筒運上,傾入P管沉入船底水中。當船停於碼頭時,P管上端關閉, P_1 管上端開啟將灰渣暫存船頂甲板上,待船航行深水後,再將甲板上的灰渣送至 P_2 管轉P管沉入船底水中(圖4)。灰渣升降機的運量為0.8噸/小時,用1.5瓩,每分鐘1450轉的馬達帶動。

4. 鍋爐燃煤機械化的使用情況

旋轉式拋煤機已用于1954年所建造的“大眾”和“人民1號”貨輪，及長江1001、1002號拖輪上。推板式加煤機用于東德羅斯托克（Rostok）造船廠所造的3000噸貨輪上。以上二種機械皆須用尺度較小的煤塊（20~30公厘）。因我國所造的四艘輪船，船上沒有碎煤機，煤塊大將使拋煤機損壞，煤太碎則煤末及燃燒即被強力鼓風吹出，致以上四輪除大眾輪使用短期外，其餘三輪則皆未起用或甚至拆下。現在岸上用的碎煤機已制造成功，如果這四艘船以后用壓碎及篩過的煤，可以保證這種拋煤機無問題。推板式加煤機則對太碎的煤沒有影響，並且出灰可以完全機械化，但它的缺點為推板易燒壞，機械化裝置所占的地位很大，不易采用于小型鍋爐。

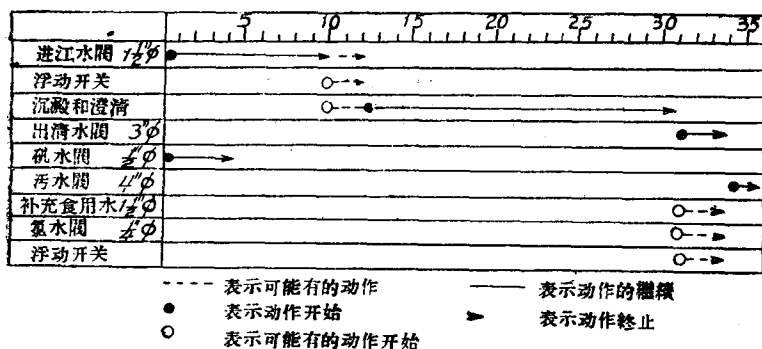
5. 江船用濾清水的機械化

這種機械化為作者示意，由馮錦海、廖謙心二同志為民眾輪所設計者。

圖11。江水的來源是由機艙的總泵打出來，用兩個磁力閥（6）控制着，使它在適當的時候出水。水箱盛滿水後由浮動開關（19）將磁力閥（6）關閉。出水時利用進水的沖力，將兩路進水管彎成一個角度方向相反（30），這樣產生的偶力可以使水自動的旋轉代替了人工攪拌的動作。進水時部分江水通過滿裝固体明礬木桶（27），使適量明礬溶解流入水箱，隨水的旋轉而均勻地分布，礬水由礬水閥（24）控制。沉澱水箱的形狀是上小下大其作用使沉澱物不致黏着在壁上，能夠很理想的全部沉至水箱下部。為便于收集沉澱物起見，水箱底部做成尖形，出污水的管子裝在底部共兩根，一根是電動用磁力閥（5）控制，一根是手動用球形閥（21）控制。在水箱中下部裝有出清水管子四根，兩根供食用水。手動閥（22）與電動閥（4）各一，均為1½"中供洗用水。兩根手動閥（10）與電動閥（7）各一，均為3吋。食用

水流至食用水箱內随时补充使箱盛滿，当补充水时，同时加入当量氯水，氯水由人工用漂白粉調制后裝至氯水瓶（36）內由氯水閥（33）来控制。食用水箱內也裝有浮动开关（32）以控制补充水及氯水。

茲以每36分鐘作为制造清水一次時間，列表說明時間与动作之关系。



上表的动作完全由自动調节器操縱的。图12表示在自动調节器上有一个指針由一个馬达經变速后以每36分鐘轉一圈。轉动一圈即代表一个循环。馬达不停的旋轉，清水設備即不停的工作着。調节器表板上有長短不同的銅片，每个銅片代表着一个或几个同时的动作，动作的时间需要長，銅片也就長些。指針是磷銅制的，接触哪一块銅片就代表哪一个动作开始。离开哪一块銅片就代表哪一个动作結束。但因为启动那些閥需要大的电流，將引起在自动調节器上有很大的火花，因此必須先經過一个繼电器，以避免这种現象。

可变繞綫电阻是用来調节馬达的速度，因为表板上的銅片是預先安排好的，假如因水箱大小、压力不同等以致情况略有改变时，可調节每一个循环的时间，并可以满足水量的要求或增加水的潔度。

民众輪在1955年5月份改用了新水箱，該水箱每次出清水1.8吨，每次循环調节至33.5分鐘，出水清潔度也能滿意。每天可出水43次共77.5吨。

二、自 动 化

1. 自动化的用途

(a) 水面高度的自动控制。在一水箱内，欲其水面保持一定的高度，则在箱中置一浮标如图13，此浮标由连杆传导至一阀门。当箱中水位下降，浮标随之向下，阀门则向上提，进水空开大，水多进入箱中。当箱中水面上升，浮标亦随之上升，阀门渐渐关闭直至进水量与泵的排出量

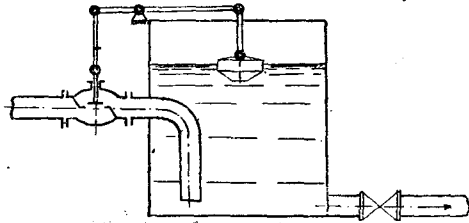


圖13 水面高度控制

相等为止。这种设备用于鍋爐的自动給水裝置，凝水櫃的下部水箱，以及減空气器(Deareator)的水箱内。

(b) 压力的自动控制。如欲一水箱保持一定的压力，系用一个由彈簧控制的蒸汽閥与水箱連一水管如图14。当水箱压力低于指定压力时，蒸汽閥彈簧上升將蒸汽閥开大，水泵即动作將水泵入水箱内，水箱内压力增高。当水箱内压力高至預定压力时，則水經水管压汽閥上部的軟片及彈簧使閥門关闭。各种设备用于船上的压力水箱及空气压缩机的自动开关。

(c) 温度的自动控制。图15为一热水箱，进入冷水，用蒸汽供热，保持一定的温度，流于需要之处。箱内1为傳动包，其中裝气体用毛細管2通于軟片3及其外壳4内。如箱内水的温度高涨則傳动包的气体膨脹而傳达到軟片3及4之間下压彈簧5將蒸汽閥門关小使蒸汽少进入箱内。如箱内水的温度下降則傳动包的气体收縮，彈簧5上升使蒸汽閥門开大。这种设备用于船上的热

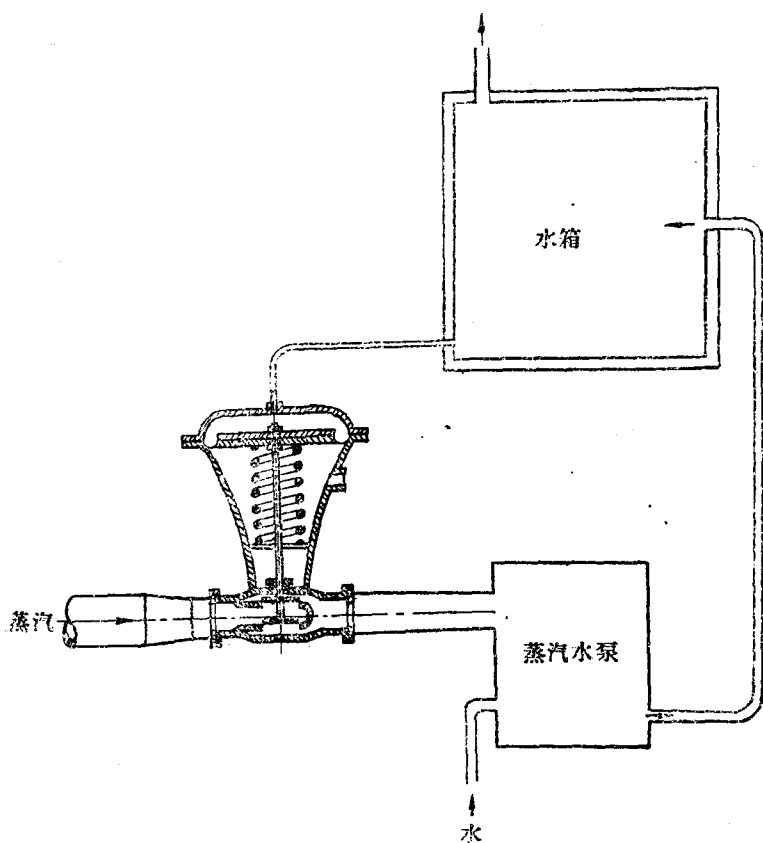
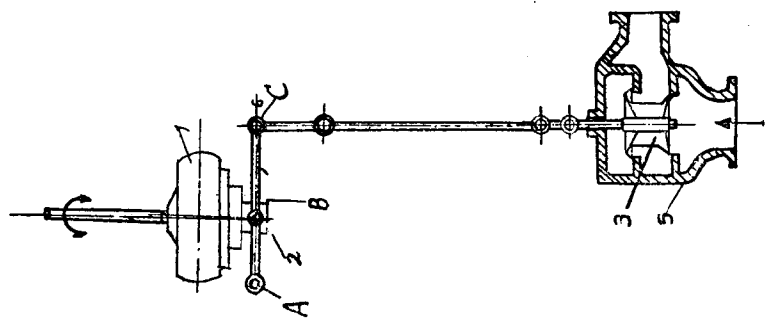
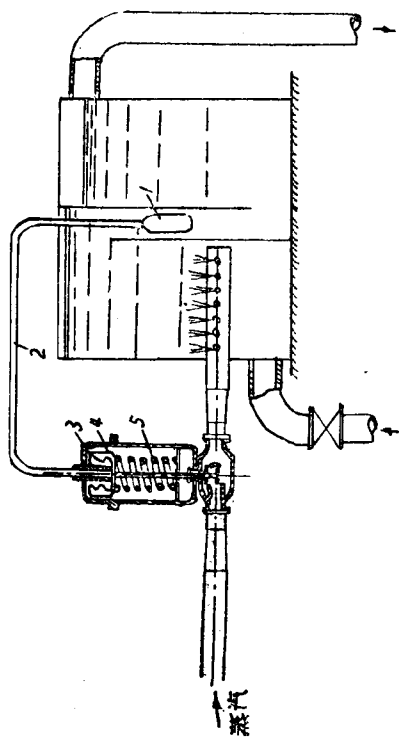


圖14 压力的自动控制

水箱及过热蒸汽管的温度控制器内。

(d) 速度的自动控制。图16为一蒸汽机的调速器1联于机器的转动轴上。当轴的转速较大时则调速器的重量由于离心力的关系向外移动，使AC杆的B及C点向下移动，将閥3的閥門关小，减少蒸汽进入机器，使机器的转速减少。当轴的转速较小时则调速器的动作与上相反，閥門开大，增加蒸汽进入机器，使机器的转速增加。



2. 自动化的种类

(a) 无自平衡的自动控制。如图17水箱内有浮标以控制进水阀，出水由泵打出。因水泵的排出量有一定，故箱内水面的高低对排出量没有关系。

(b) 有自平衡的自动控制。一切情况如图18所示，但出水不用泵而用水管放出，当水面高时，由于浮标及连杆的动作使阀门逐渐开小以减少水进入水箱；同时由于水面高，放出水的速度也增大，所以

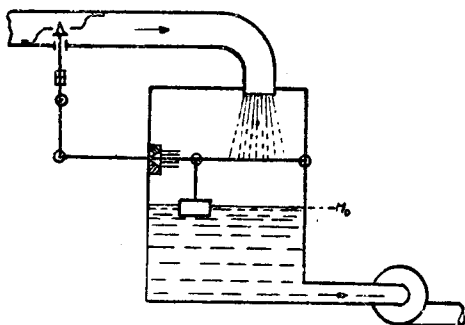


圖17 無自平衡有回導的自动控制

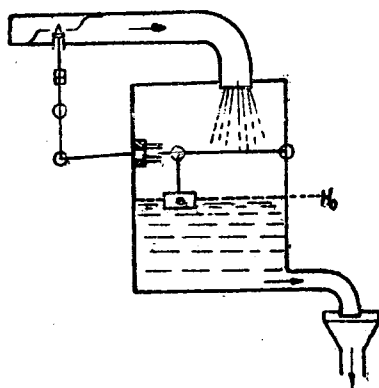


圖18 有自平衡無回導的自动控制

出水量也增多，水面因而降低，此作用可使水面发生平衡故称自平衡的自动控制。当水面低时则得相反的结果。图19表示有自平衡与无自平衡进水量与出水量的关系（上部曲线），以及二者水面的高低情形（下部曲线）。在无自平衡及时间 t_0 时，阀门开的最大，进水量最多如 t_0B ，出水量即保持一定 t_0A （即 AA' 与 t_0t

平行直线），因此水面 H 渐渐高起使阀门慢慢关小，进水因而逐渐减少，当至时间 t_1 时，则进水量与出水量完全相等，水面达至最高度，阀门开至最小度，以后进水量仍减，水面渐低，阀门因而逐渐开大，至 t_2 时，水面渐高回至 t_0 时的水面高度。如此推进水量为上下的直线振动线，水面高度为一曲线。在有自平

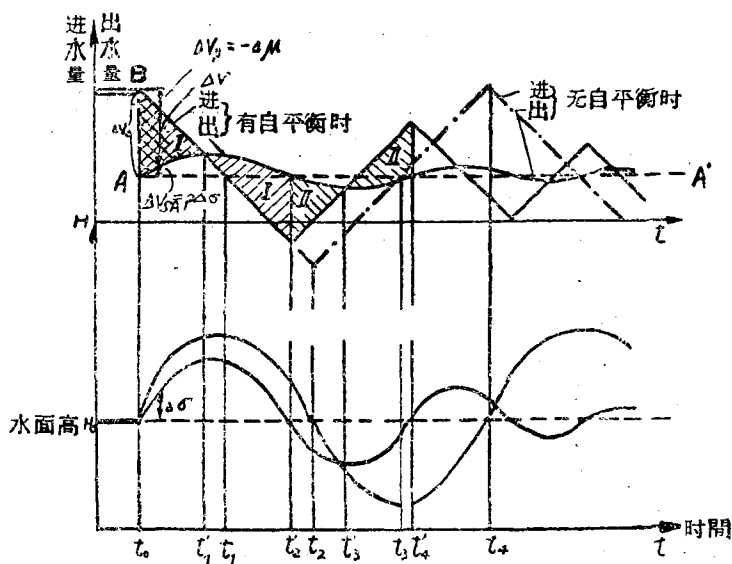


圖19 有自平衡與無自平衡的進出水量與水面的示意圖

衡時，出水量的大小因為水面高度的關係為一振動曲線，所以進水量振動線與水面高度曲線皆與無自平衡時不同。

(c) 有硬性回導的自動控制。圖20為有硬性回導的液壓間接自動控制器（蒸汽機的轉速）。如軸的轉速較快時，A點為臨時支點，則B點向上動推C點及油缸3內的閘柄向上，使管6的油通至水缸4的下端推其油柄向上，由於連杆傳達使汽門5的汽門少開。當油缸4內的油柄向上推動時，B點為臨時支點，使C點下降將油缸3的油柄退回原處使油門關閉，如是汽門則開于較大地位，暫時不動。油缸3內的油柄上動及由於油缸4內的油柄上動使油缸3內的油柄又退至原來地位，稱為回導。又因A點直接在油缸4內油柄的杆上，一齊動作沒有緩沖余地，故稱為硬性回導。

(d) 有彈性回導的自動控制。圖21為有彈性的回導油壓間接自動控制器。此圖與上圖相同，但油缸4油柄杆的上端有油缸8，其上下端有油道用閘10連通。當閘10開啟，油缸4油柄杆上

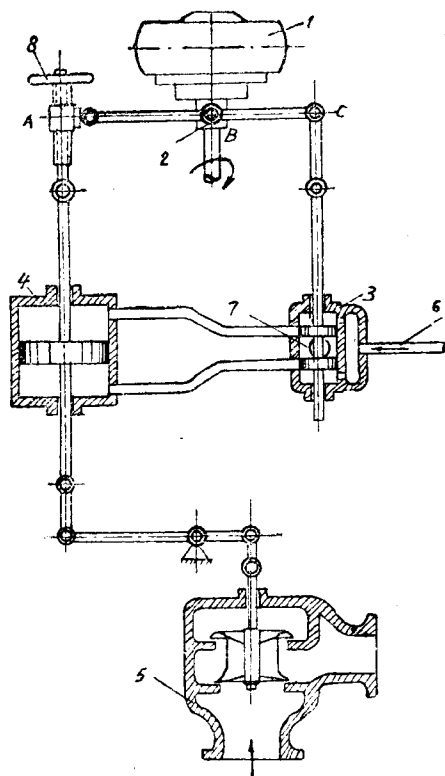


圖20 有彈性回導的自动控制

下移动时,油柄 9 及 A 点不动,只油缸 8 上下动。当閥10关闭,油缸 8 的油有极少量的由油柄 9 的縫隙流动时油柄亦随之上下,其上下的动量視縫隙的大小及彈簧11的力量而定。油缸 3 的油柄可以彈性还原,故名为彈性回導。

3. 自动化設備情形

(a) 鍋爐进风量的自动調整。图22表示打风机通至鍋爐的风筒內裝一风門 1, 当风門开的大小适合需要时, 液压管 4 位于正中則油泵 7 打出的油由液压管 4 喷出于油管 A 和 B 的中間。如

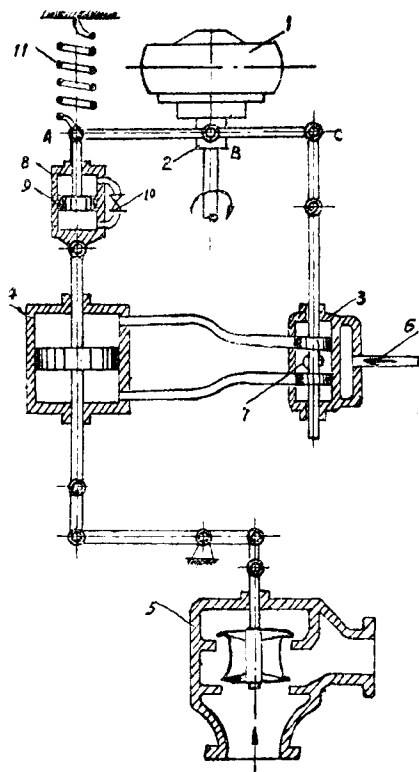


圖21 有彈性固導的自动控制

风量大于需要时则风門左边压力稍大，空气經管D进入冲动器5將其皮閥（或軟鋼片閥）向右推，因而亦推液压管4向右动，如是由4噴出的油經管C及閥9入于油缸的上端將其油柄推下，使其所联的风門1右轉將风門关小，空气进入量也减少。如风量小于需要时則油由管E进入油缸的下部使风門开大以加大风量进入鍋爐。

图23表示油压管的詳細情形，图24表示冲动器的詳細情形。图23表示压力油由管4进入管1，其上端有噴咀，平时位于空道2，3之間。当 R_1 大于 R_2 时，則管1以4为支点向右轉动，其上部触于6，使压力油由空道3流进。当 R_2 大于 R_1 时則压力油由空道2

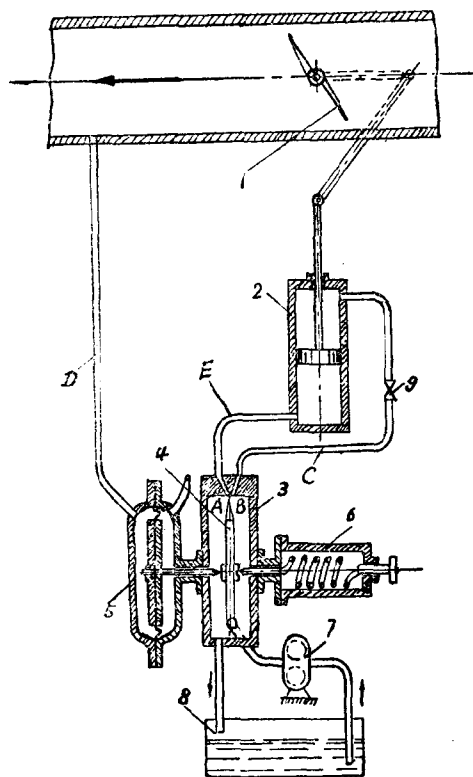


圖22 簡單液體管自動控制

進入，回油由空道 2 流出。

(b) 鍋爐自動進水設備。鍋爐汽包 1 的水面 AB (圖 25) 為正常情形，汽包上部有一汽管下部有一水管通于凝水瓶 2 的上下二端，凝水瓶內的凝水水面高于汽包內水面 $H=400$ 公厘。此時二管 CD 通過五路閥 3 引至沖動器 4，其中的隔片維持正中情形。如鍋爐的負荷加重汽包的水面低于 AB 時，則 D 管較 C 管的水頭大于 400 公厘即其中壓力較高，則隔片向左動經過連杆及 7 使噴管 5 向右動，噴管噴出的壓力油經擴大器 20 及閥 25 經遠方控制閥 21 的通路而至控制缸 (詳圖 26) 的左端，使其中油柄向右移動，經連杆將閥 9 的閥門開啟使爐水進入汽包，其中水面即高