

# 中低压锅炉的水处理

炉内水处理

水利电力部技术改进局编

水利电力出版社

## 內 容 提 要

本書介紹了加入校正劑和除垢劑進行爐內水處理以及排除沉渣的基本方法，包括應用這些方法所需的設備；還敘述了如何用銨試劑來處理爐水，以消除鹼度過高的現象。本書內容是蘇聯和我國目前處理中低壓鍋爐爐內水的一些有效方法，可供鍋爐運行人員和水處理工作人員閱讀。



### 中低壓鍋爐的水處理

爐內水處理

水利電力部技術改進局編

\*

2043R448

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

\*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 \* 1 $\frac{1}{2}$ 印張 \* 32千字

1959年4月北京第1版

1959年4月北京第1次印刷(0001—4,090冊)

統一書號：15143·1625 定價(第9類)0.17元

# 目 录

一、炉内水处理和沉渣的排除 .....	2
(1) 炉内水处理的原理和适用性 .....	2
(2) 炉内水处理的方法 .....	5
(3) 试剂加入锅炉的方法 .....	8
(4) 进行炉内水处理的设备 .....	10
(5) 排渣设备及其应用范围 .....	17
(6) 再生排污设备的计算 .....	22
(7) 炉水的标准与控制 .....	25
(8) 炉水的离子平衡 .....	27
二、用铵试剂进行炉内水处理 .....	29
(1) 炉水碱度对蒸汽质量和金属腐蚀的影响 .....	29
(2) 消除炉水碱度过高的方法 .....	30
(3) 铵试剂水处理方法的原理 .....	31
(4) 汽水系统中氨的情况 .....	37
(5) 铵试剂水处理方法的优点和前途 .....	45

# 一、爐內水處理和沉渣的排除

## (1) 爐內水處理的原理和適用性

爐內水處理的原理，是使爐水中硬度鹽成沉渣形式而分離出來。爐內水處理的方法，歸納起來有如下幾點：

1. 經常地往鍋爐中加入試劑，促進鍋爐中硬度鹽類分離為沉渣形式；

2. 控制和保持適當的爐水質量；

3. 經常從鍋爐中排出形成的沉渣。

爐內水處理的優點是：往鍋爐中加入試劑和從鍋爐中排除沉渣所要求的設備，比較簡單；用來製造設備的金屬消耗量並不大；對爐內水處理裝置的控制，相對的說是不複雜的。

爐內水處理也有如下的缺點：保證可靠地從鍋爐中排除形成的沉渣是困難的；有惡化鍋爐發生蒸汽質量的可能性；沉渣在鍋爐傳熱面上有形成二次水垢的可能性。

水垢有二種，一種是由于鹽類物質在受熱面上直接結晶而成的，稱為一次水垢；另一種是由于水中沉淀物粘附在受熱面上而成的，稱為二次水垢。

水垢的形成是一個比較複雜的物理化學過程，派脫里奇(Partridge)在好幾年以前用顯微鏡觀察過受熱面上硫酸鈣水垢的結晶分布並非很均勻的，而是呈圖 1 所示的情況。

同時從鍋爐運行情況來分析，水在爐管內是呈汽水混合物存在的，如圖 2 所示。

因此斷定：當受熱面 $\alpha$ 產生汽泡時，受熱面 $\alpha$ 處的水膜套

由于受热而濃縮，假若水中含有某些盐类，在这种情况下已呈过饱和状态，則該盐类便会产生結晶核心的固态萌芽，于是，接着有許多結晶盐的分子聚集在这个核心上，使它从

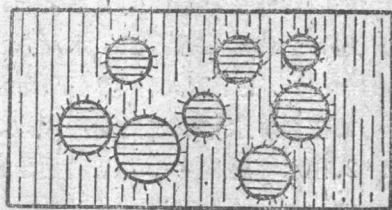


图 1

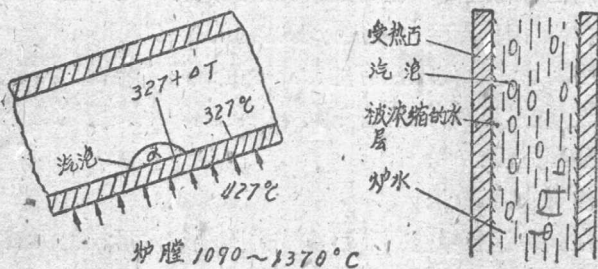


图 2

显微镜才能看到的极细微的颗粒，渐渐地形成粗結晶体或雪花形状的沉淀，这种坚硬致密的沉淀，称为一次水垢。

另外一些物质能在水中沉淀成为悬浮的颗粒，这些颗粒若不排去，也会粘附在受热面上 $\alpha$ 处形成水垢，这种水垢称为二次水垢。

并非所有沉淀都易附結在受热面上。一般炉水中的沉淀含有碳酸鈣 ( $\text{CaCO}_3$ )、氢氧化鎂 [ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ]、鎂的碳酸盐 [ $\text{Mg}(\text{OH})_2\text{MgCO}_3$ ]、鎂的磷酸盐 [ $\text{Mg}_2(\text{PO}_4)_2$ ]、水化磷石灰 [ $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{PO}_4)_6$ ]、鎂橄欖石 [ $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ]、铁的氧化物 [ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$ ]、铜的氧化物 ( $\text{CuO}, \text{Cu}_2\text{O}$ )，有机物质等等。

其中附結性的沉淀有氢氧化鎂、磷酸鎂等。

难以附結在金屬面的有水化石，磷灰石等。

还有一种水垢称为派生水垢（实际上二次水垢也是派生水垢的一种），在下列几种情况下就能引起产生派生水垢。

1. 在鍋炉水中形成的泥垢顆粒、沉积或粘着在加热面上。
2. 在水垢结构中，夹杂着由于热力設備各部分进行腐蝕而产生的金屬化合物和其他化合物。
3. 在个别接触得相当紧密的水垢层之間，或者在沉积的水垢与金屬化合物之間，在高温情况下，进行所謂派生过程（热化学反应），因而产生水垢成分和結構的变化。

过去对炉內水处理沒有进行充分的研究，現在在苏联仅建議在16大气压以下并且符合下列条件的鍋炉中使用这里介紹的炉內水处理方法：

- 1) 沒有水冷壁的；
- 2) 在鍋炉运行中能保証可靠地排除鍋炉內形成的沉渣；
- 3) 沉淀的形成不会影响鍋炉的安全运行；
- 4) 用戶对鍋炉发生的蒸汽質量要求并不高。

水冷壁鍋炉不宜使用的原因是：这种鍋炉会由于管壁有沉渣，可能形成二次水垢。

苏联的实际經驗指出，从加热面不超过300米<sup>2</sup>的工作鍋炉中排除沉渣是令人滿意的，这可認为是炉內水处理的适用范围。一般的說，从水平的水管鍋炉保証可靠的排除沉渣，比其他型式的鍋炉有較大的困难。

鍋炉的单位水容积（1米<sup>2</sup>加热面上的水量）愈小，鍋炉壁局部沉淀形成的危險性愈大，甚至少量的沉淀也会引起鍋炉工作严重的障碍。

炉內水处理的适用范围，应限制在鍋炉单位水容积为50立升/米<sup>2</sup>的鍋炉。

## (2) 炉内水处理的方法

炉内水处理是往锅炉中加入校正剂和除垢剂来实现的。在第一种情况中所用的试剂是氢氧化钠、碳酸钠、重碳酸钠、磷酸三钠等，采用的碱应与给水质量相符合。在第二种情况中，所用的试剂是采用无机的或有机的胶质物，往锅炉中加这些物质时，不需要精确地考虑给水的质里，可以运行资料为指南。

在用校正剂进行炉内水处理时，碱化学试剂的消耗，仅用来沉淀非碳酸盐硬度和补充锅炉排污的损失和一部分被蒸汽携带出去的碱量。在采用这种水处理方法的情况下，维持炉内一定的碱度，可以使锅炉不会因水垢而影响其运行。

在用校正剂法进行炉内水处理时，碱试剂的消耗可按以下的公式计算：

$$G = D [\mathcal{H}_{HK} + \varphi (\text{III}_{K.O} + \mathcal{H}_{HK}) + \text{III}_n] \frac{K}{\varepsilon} \text{ (克/小时)}.$$

式中  $D$ ——锅炉平均负荷，吨/小时；

$\mathcal{H}_{HK}$ ——给水的非碳酸盐硬度值，毫克当量/立升；

$\text{III}_{K.O}$ ——炉水的总碱度，毫克当量/立升；

$\text{III}_n$ ——锅炉发生饱和蒸汽的总碱度，毫克当量/立升；

$\varphi$ ——锅炉排污量，份数；

$K$ ——采用的化学纯碱试剂的换算系数，克/克当量（等于试剂的当量）；

$\varepsilon$ ——工业试剂的纯度。

采用往锅炉中加入校正剂的方法进行炉内水处理时，或多或少地会抑止水垢形成的过程，但决不可能达到完全没有水垢。从公式看出，在进行炉内水处理时，碱试剂的经济消耗量可以用以下的方法达到：控制炉水最小的允许碱度值以及最小

的蒸汽碱度和鍋炉排污量。

在用校正剂进行炉内水处理时，炉水总碱度对水容积小的鍋炉(单位水容积  $w < 80$  立升/米<sup>3</sup>)通常采用 12~15 毫克当量/立升以下，而对单位水容积比较大的鍋炉( $w > 150$  立升/米<sup>3</sup>)不超过 20~25 毫克当量/立升。饱和蒸汽总碱度在不可能連續测定时，对水容积大的鍋炉采用 0.1~0.2 毫克当量/立升，对水容积小的鍋炉采用 0.3~0.4 毫克当量/立升。

系数  $K$  对  $\text{NaOH}$  为 40， $\text{Na}_2\text{CO}_3$  为 53.0， $\text{NaHCO}_3$  为 84.0， $\text{K}_2\text{CO}_3$  为 69.1， $\text{KOH}$  为 56.1。

在利用碱度为  $\text{III}_p$  毫克当量/立升的校正剂溶液进行炉内水处理时，药剂每小时的消耗量可按下列式计算：

$$Q = \frac{1000 \times D[\mathcal{R}_{\text{Na}} + \varphi(\text{III}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + \mathcal{R}_{\text{NaHCO}_3}) + \text{III}_p]}{\text{III}_p} \text{ (立升/小时)}.$$

用校正剂进行炉内水处理时，除可采用工业碱试剂外，还能利用碱废物(不含有对鍋炉和发生蒸汽有害的物质)，甚至可以利用从木灰中的水提取物。在燃烧木质燃料或植物起源的废物(锯木屑之类等)时，使用木灰中的水提取物是最合适的。在用校正剂进行炉内水处理时所用的碱化学试剂，也能用生水經部分鈉阳离子交换的方法来得到。

这种淨水法只软化部分生水，而剩余的水仍保持原状，然后二者混合后进入鍋炉(图 3)。

軟水和生水的比例应该是这样：加入鍋炉中的軟水生成的碱的数量，应使非碳酸盐硬度呈沉淀形式沉淀，并能抵偿蒸汽攜帶的一部分碱和排污水中碱的损失。

在生水部分鈉阳离子交换时，需軟化的水量可按下列式计算：

$$y = \frac{\mathcal{R}_{\text{Na}} + \varphi \cdot \text{III}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + (1 - \varphi) \text{III}_p}{\mathcal{R}}$$



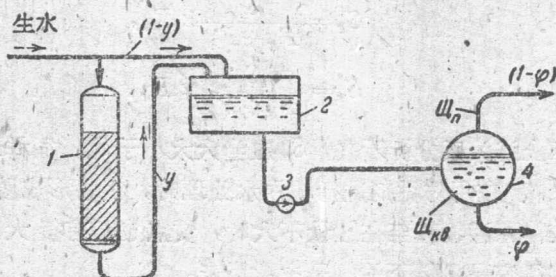


图3. 給水部分鈉陽离子交換的連接原理图

1—鈉陽离子过滤器；2—給水箱；3—給水泵；4—鍋爐。

式中  $\mathcal{K}$ ——給水的总硬度毫克当量/立升，其他符号与前面公式中的符号相同。

从碱试剂的经济消耗量出发，当給水計算硬度值不超过3~4毫克当量/立升时，采用校正剂进行炉内水处理是合适的。計算的硬度值等于：

$$\mathcal{K}_p = [\mathcal{K}_{\text{HCl}} + \varphi(\mathcal{M}_{\text{HCl}} + \mathcal{K}_{\text{HCl}}) + \mathcal{M}_p] \text{ 毫克当量/立升.}$$

在給水的計算硬度大于3~4毫克当量/立升时，用防垢剂进行炉内水处理是合适的。

防垢剂的作用主要是：它在介質流动的任何表面进行結晶，成为結晶过程的中心。

設：  $F_k$ ——与炉水接触的鍋炉表面，米<sup>2</sup>；

$F_s$ ——在炉水中处于悬浮状态微粒表面的总和，米<sup>2</sup>；

$S$ ——鍋体内固体物形成的量（与单位時間內进入鍋炉中的給水所含的硬度盐类成正比），克/小时；

$S_k$ ——鍋炉表面平均增加的固体物質，克/小时；

$S_s$ ——固体物轉換成悬浮物的平均量（不形成水垢的物質），克/小时。

則：

$$S_{\kappa} = \frac{S}{F_{\kappa} + F_s} \times F_{\kappa},$$

$$S_s = \frac{S}{F_{\kappa} + F_s} \times F_s.$$

从上述关系分析看来， $S_{\kappa}$  应当大大小于  $S_s$ ，同样地  $F_{\kappa}$  将小于  $F_s$ 。在用防垢剂进行炉内水处理时，很易形成胶体悬浮物，胶体悬浮物甚至在数量不大时，质点也具有很大的总表面，这很容易从以下的例子中看出来。

在炉内水处理时，用来作为防止水垢形成物质的无机胶体，应当选用这样的试剂：能使给水中的钙和镁盐成为高度分离状的悬浮物，这种试剂最合适的是磷酸三钠。但是，在这个方法中用磷酸三钠比校正剂加入法进行炉内水处理时，显著地用的少。

在利用防垢剂进行炉内水处理，可以达到下列几点：

1. 在往炉内加未经任何水处理带有硬度的生水时，可以减少锅炉中水垢的形成。
2. 比校正剂加入锅炉内水处理所消耗的碱化学试剂要经济。

### (3) 试剂加入锅炉的方法

为了进行炉内水处理，碱试剂可以定期或连续地加入锅炉中。为此应预先配成溶液，苛性钠和苛性钾浓度不超过1~2%，其他的碱液浓度不超过5%。

在用碱试剂进行校正剂炉内水处理时，定期加药只有在时间大于10~12小时的情况下采用是合适的，当小于10~12小时时，应当采用连续加药，这个时间  $\tau$  按下列公式计算：

$$\tau = \frac{(\text{III}_{\text{MOKC}} - \text{III}_{\text{MIII}})W}{D[\text{H}_{\text{HK}} + \varphi(\text{H}_{\text{HK}} + \text{III}_{\text{KO}}) + \text{III}_n]} \text{小时.}$$

式中  $III_{\text{max}}$ ——炉水全碱度最大的允许值（对水容积小的锅炉应当采用20毫克当量/立升，对比较大的水容积锅炉采用40毫克当量/立升）；

$III_{\text{min}}$ ——炉水碱度最小的允许值，此数值必须等于锅炉给水的碳酸盐硬度值；

$W$ ——锅炉的水容积，米<sup>3</sup>；

其他符号与以上公式列举的相同。

定期加药，可用单位时间向给水箱加入计算量的碱试剂，或借助于排挤装置加入给水母管。在第一种情况下，准备好的碱试剂溶液借手摇泵之助加入给水箱。在第二种情况中（图4），

溶液首先加入排挤装置中，排挤装置安装在省煤器后的给水母管上，然后把排挤装置和给水管子联合起来，将溶液加入锅炉中。

往锅炉中连续加碱试剂的方法有二种：一种是利用一个特殊构造的能随时间变化而放出等量溶液的水箱，向给水箱中输送溶液（如图5）；

另一种就是用单独的小容量的活柱剂量泵，直接将试剂溶液输送到锅炉中去（如图6）。通过给水箱往锅炉中定期或连续加碱

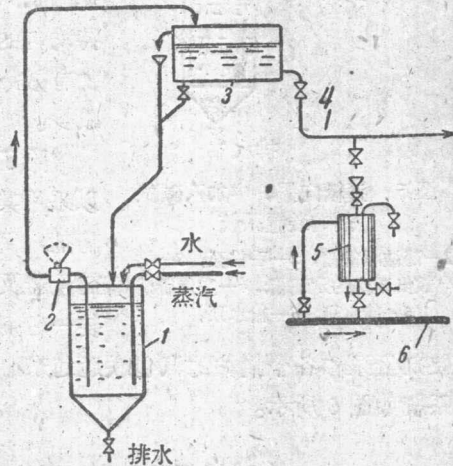


图4 定期向锅炉中加入碱试剂的系统

1—溶液准备箱；2—手摇泵；3—消耗箱；4—分配管；5—压力排挤箱；6—省煤器后的给水管道。

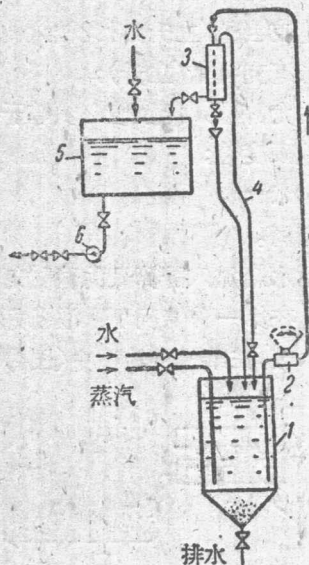


图5 連續向鍋爐中加入鹼試劑的裝置系統

- 1—溶液準備箱；2—手搖泵；3—均勻放出溶液的分配箱；4—空氣管；  
5—給水箱；6—給水泵。

管使劑量泵和各个鍋爐的汽包联通起来，进行定期地加药。加药系統如图6所示。

#### (4) 进行炉內水处理的設備

进行炉內水处理要有下列設備：

1. 药剂溶液配制箱——一般都放在鍋爐車間的下部。
2. 分配箱——一般是放在鍋爐車間的上部，以便药剂溶液能从分配箱自动地流到加药或分配設備。

試劑的方法，可在无省煤器的鍋爐或省煤器出口給水的溫度不超过  $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$  时采用。若省煤器后的給水溫度超过  $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，那么，应当直接往鍋爐汽包中或省煤器后水流動的給水管道中加入鹼試劑。

向鍋爐中連續地加入試劑（無論是校正劑或防垢劑），一般比定期地加入試劑好，因为連續加入，能使炉內平穩地保持均匀的藥液，因之，也就更加有效，化学監督次數也可以減少。

除了上面說的以外，还可以采用其他設備往炉內加鹼性藥劑，例如用墊圈式和虹吸式劑量器及其他等等，如果只安装一台劑量泵，那么可用分支

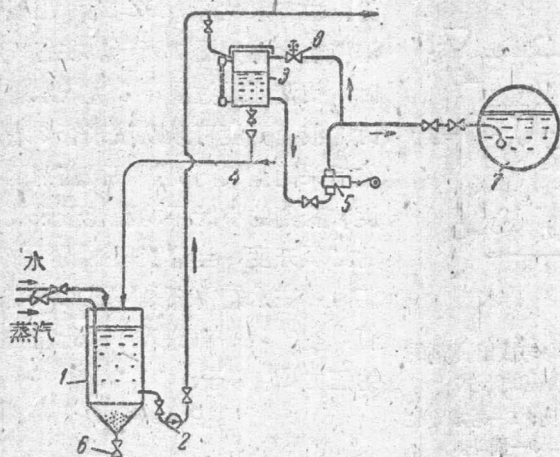


图6 用活塞剂量泵个别地向锅炉中引入碱试剂的装置图

1—溶液准备箱；2—水泵；3—消耗箱；4—排水；5—活塞剂量泵；  
6—排水；7—锅炉汽包；8—弹簧安全阀。

3. 手动、汽动或电动的输送泵——设置这种泵，是便于把药剂溶液从下部的箱中打至上部箱中。

4. 定期往锅炉加药剂溶液和连续往锅炉加药剂溶液的设备。

5. 小出力的阴离子交换软化器和压力式盐溶解器——这种设备可以使一部分锅炉给水进行钠阳离子交换。试剂溶液的配制箱，最好是采用圆锥形底的圆柱形箱，以便定期地排除沉淀物。在小锅炉房内，配药箱的容积，应选择够几天用的，在比较大的锅炉房内配药箱的容积，应能够1~2昼夜用的。配药箱以及分配箱、消耗箱等都要有盖，以免其他杂质(灰、煤等)污染溶液。

试剂溶液上部分配箱有各种不同的形式，为了维护方便起

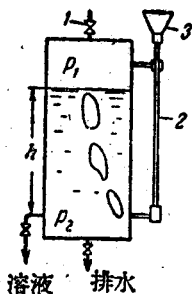


图7 均匀放出藥剂的水箱的形式

1—空气門；2—玻璃水位計；3—漏斗。

$h$ ——液体溶液的高度；

$\gamma$ ——液体的比重。

从水箱中放出液体溶液处的压力，等于水箱上部空气压力和液柱重量压力的总和，即：

$$P_2 = P_1 + h\gamma.$$

把第一式中的  $P_1$  值代入

第二式，則得到：

$$P_2 = P_0.$$

即：尽管藥剂液面降低，溶液流出处的压力是不变的，因之，流出的溶液量也是不变的。水箱容积应根据 8 小时和 12 小时用藥量来计算，而在小鍋炉房中应根据鍋炉运行一昼夜所需的藥量来設計水箱的容积。最好用簡化的針形閥(图 8)作为調节閥。企业里的修配車間，是能很容易地制造出均匀分配藥剂的水箱(图 7)和簡化的針形閥，活塞柱是垂直方向移动的，改变活塞泵的行程，就可調节泵的出力，行程是可以从零改变到

見，应有水位計。均匀地放出碱性藥剂溶液的水箱如图 7 所示。在打开空气門时，使溶液通过漏斗 3 进入水箱内，此时的液面高度可以从玻璃管 2 看出来，然后关闭空气門 1，根据藥剂的已知濃度和藥剂的小时平均消耗量来确定閥門的必須开度，当溶液經過閥門流向給水箱时，在水箱内部是經過漏斗和玻璃管，空气从外部跑入，因此箱内液面上的压力  $P_1$  等于：

$$P_1 = P_0 - h\gamma$$

式中  $P_0$ ——大气压力；

最大值，最大值就是泵的允許最大出力。

圖9上所繪的這種泵的活塞是按水平方向移動的，該泵的吸入閥門和排出閥門都各有兩個，成球狀（直徑為9.5毫米），改變活塞行程（從0到最大值）就可把泵調節到所需的出力。改變活塞行程的方法，是使連杆沿着轉動盤中的溝移動，然後把連杆固定在選定的位置上，泵是由電動機通過降低轉數的蝸杆減速器帶動的。

泵的技術資料如下：

活塞柱直徑11毫米，活塞柱最大行程（移動距離）76毫米，移動次數是每分鐘40次，出力是24.6立升/小時，重量約為90公斤，電動

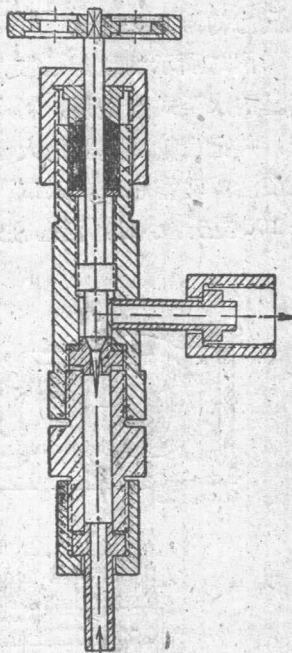


圖8 簡化的針形閥

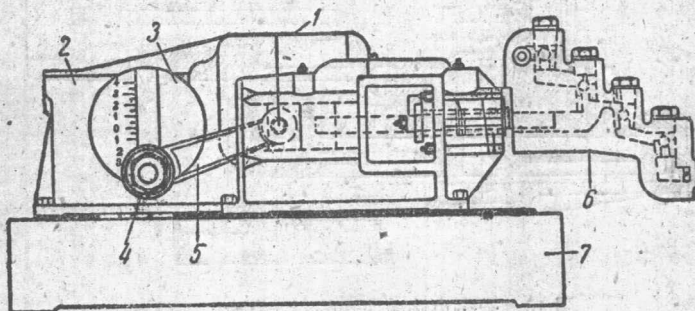


圖9 活柱劑量泵

1—電動機；2—蝸杆減速器；3—轉動盤；4—銷釘；5—連杆；6—閥門室；7—框架。

机出力约为 0.25 瓩。

图10所示的设备是带有电气传动，并有齿輪减速器的两个活塞的水平式剂量泵，利用靠背輪把小齿輪同电动机直接联系起来，并把齿輪减速器的大齿輪同泵軸联起。利用偏心輪从泵軸处使活塞动作起来，入口門和出口門是球形的，泵的計算出力是 100 升/小时，活塞柱是两个，活塞柱的直徑和行程是 20

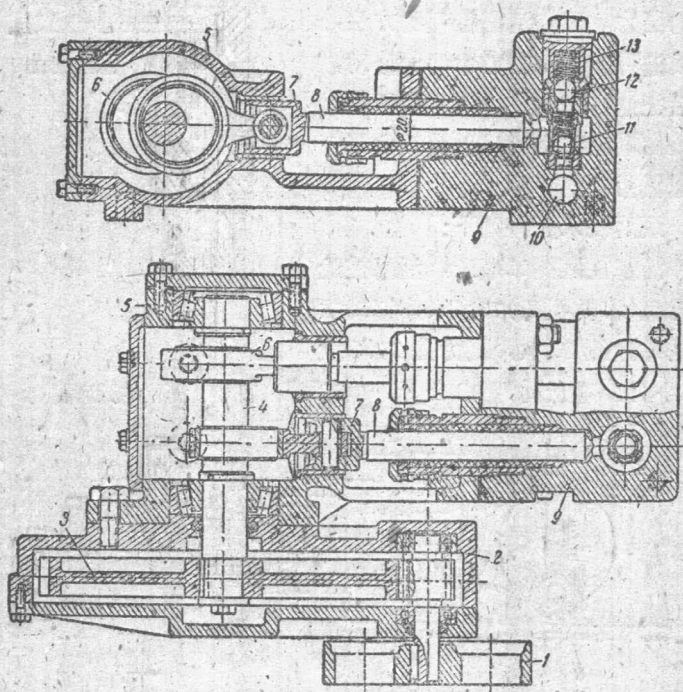


图 10 带有齿輪减速器的双活柱水平剂量泵

1—半离合器；2—小齿輪；3—大齿輪；4—水泵軸；5—箱；6—扁心輪；7—滑筒；8—活塞；9—汽缸；10—藥剂入口；11—吸入閥；12—加压閥；13—彈簧。



毫米，电动机出力是0.52瓩，轉数是每分鐘1440，当齿輪减速器降低值等于8时，活塞移动次数是每分鐘等于180。机組的外型尺寸：长575毫米，寬445毫米和高305毫米。苏联曾利用这种泵长期地往34表压力的炉子里加校正剂溶液。

图 11 是 ЦПКБМРФ 結構型的剂量泵，推动机件的动作使活塞做加压动作，返回作吸入动作时，是依靠加压时变了形的彈簧力量返回。改变泵出力的方法，是擰紧和扭松調整螺絲，以此改变活塞的行程。为了測定活塞的行程，要在泵本体和調整螺絲上加有相应的压力。为了减少活塞的损坏，应使活塞不受輻射方向的力。

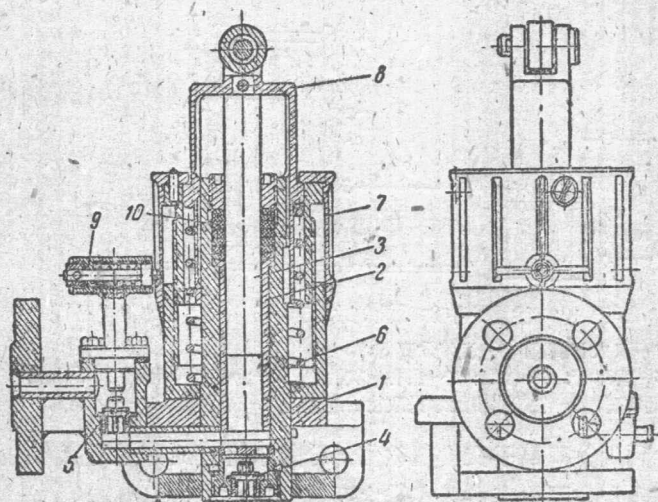


图 11 ЦПКБМРФ 結構的剂量泵

- 1—外壳；2—活塞套管；3—活塞；4—吸入閥；5—加压閥；6—彈簧；  
7—調整螺絲；8—导管；9—固定器；10—墊料。