

鍋爐給水注射器

凱列爾著



機械工業出版社

鍋 爐 給 水 注 射 器

凱 列 尔 著

刘 华 译

机 械 工 業 出 版 社

1 9 5 8

出版者的話

本書介紹了鍋爐給水注射器工作過程的理論，簡要地敘述了注射器的演進過程。書中並引述了注射器的各種構造和計算資料，最後還列舉了演算實例，以說明計算的程序。

本書可供使用和設計鍋爐給水注射器工作的工程技術人員參考。

蘇聯С. Ю. Келлер著‘Инжекторы’(Машгиз 1954年第一版)

*

*

*

NO. 1422

1958年2月第一版 1958年2月第一版第一次印刷

850×1168^{1/32} 字數84千字 印張3^{5/16} 0,001—2,700冊

機械工業出版社(北京東交民巷27號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第008號 定價(10)0.70元

目 次

原序.....	4
1 緒論	5
2 注射器構造的演進	12
3 对現有的注射器理論的評論	27
4 注射器理論的补充問題	55
5 理論問題在實驗中的驗證	64
6 注射器各个部件的計算	70
7 决定注射器主要規格的例題	92
附录：干飽和蒸汽表.....	97

原 序

苏联共产党第 19 次代表大会的指示以及苏联共产党中央委员会九月全会的決議要求苏維埃科學家們要进一步急剧地發展国民經济各部門中的动力。指示中指出扩大生产自动控制操作过程的仪器的必要性。

注射器——这是一种自动化动力器械。它广泛地应用于機車、牽引車以及小型的蒸汽鍋爐中。它的制造只需要少量的材料。

苏联共产党中央委员会九月全会的決議中对苏联热能学方面提出了快速發展集体农庄和国营农場中取暖事業的任务。在取暖设备中注射器既可用于来饋水入取暖業的蒸汽鍋爐，也可在压力下將热水送入取暖系統。

作者所抱定的目的，是在于給技术員、工程师和科学工作者以注射器制造和計算的必需資料。

本書的叙述易懂，对于機車的司机，牽引車裝置的司机和在使用帶有饋水器（即注射器）的小型鍋爐裝置的部門中工作的工程师及技术員，可推荐它作为一本参考書。

注射器方面的書籍比較少。在这方面現有的資料对有关注射器的計算，制造和操作的理論尚不能給出一个完整的概念。

本書在某种程度上补足了上述的缺陷。它將促使这种叫做注射器的、完善的自动化动力器械更广泛地运用于社会主义工业中。

書中研究了注射器演进的历史，对于格拉斯郭夫（Грасовф）學說作了評論。

为了更加显明起見，对在注射器中所發生的过程作了圖解說明，并作了分析。

在实验研究的基础上，对發生在注射器中过程的物理实質作了說明，对注射器中过程所遵从的那些物理学定律也作了确定（这些定律是：巴斯喀定律，动量不灭定律，流量連續定律）。

書中还講述了现有各种类型注射器的構造。

書中还引述了实验檢驗工作。在蒸汽和液体流量連續定律的基础上各別地研究了蒸汽、凝汽和压水噴口的計算理論。引述了对計算凝汽噴口中槽溝的理論前提。

1 緒 論

注射器[●]这一名称，在国内学术界和在習慣上都指的是一种器械，它借助于自一密封容器内流出的流体，將液体或气体压入那同一容器中去。

人們称另一种器械为抽汲器，即借助于它，利用从外部設備引入流体的作用而將液体或气体迫出外面的方法，將液体或气体自密封的容器内汲出。

因此，注射器是一种不需要从別处供給能量就能够对一套裝置饋給气体或液体的自动化器械。而抽汲器为使自身發生作用需要从別处供給能量。

讓我們来研究一下現代注射器的構造簡圖。

从圖 1 所示的簡圖中可以看出，注射器有下列的組成部分：壳体 9，其中置有汲水的噴口 1；蒸汽噴口 2，从鍋爐来的蒸汽經过它而送入注射器；凝汽噴口 3，在这里进行蒸汽和水的混合；溢流閥 4，在开动注射器时，其壳体中的空气即經由此处排出；压

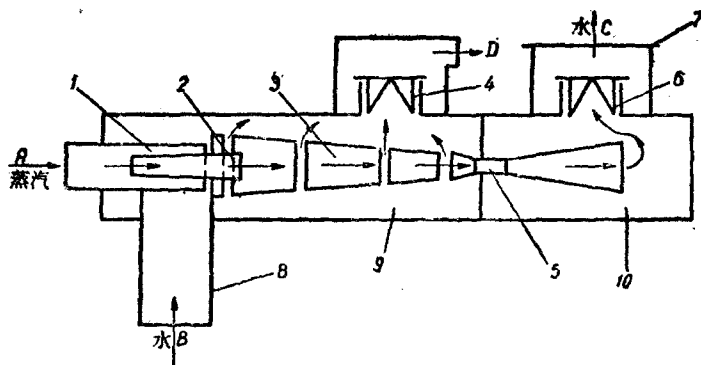


圖 1 注射器的構造簡圖。

● 器械名称「注射器」来自拉丁文 *Iniectis*，意为压入，投入。注射器的名称应与抽汲器的名称有所区别，抽汲器来自拉丁文 *Ejectis*，意为压出。

水噴口 5，它的功用是提高水流的压力，使其超过鍋爐中蒸汽的压力；給水閥 6，水經過它而进入鍋爐；出水管 7，注射器的压水室經由它而和鍋爐的水室●相通；管 8，使注射器的壳体与水櫃連接，饋給水即由此水櫃汲入注射器壳体内；压水室 10，其中置有注射器的压水噴口。

注射器的工作过程按照下列方式进行。

蒸汽沿着引导蒸汽进入注射器（如箭头 A 所示）的导管进入汲水噴口。蒸汽流自汲水噴口流出时，將空气压入凝汽噴口；因为給水閥是关闭着的，又处于鍋爐內蒸汽的压力下，而溢流閥上的压力却是等于一个大气压，所以空气自凝汽噴口出来后，即按照箭头所指的方向进入溢流閥的孔口（如簡圖中所示，凝汽噴口有适当的切出的槽溝）。

因而在开始时，注射器中將發生如所指出的蒸汽流的流动：經過汲水噴口，凝汽噴口，經過其上的槽溝和被溢流閥关闭着的孔口，沿着箭头 D 所指的方向而进入溢流管。沿着所示的途徑而流出的蒸汽流將从汲水管中以及裝着噴口的壳体空室中吸住并帶出和它相接触着的空气；流体和空气將一齐被压入溢流管，而后进入大气中。由于上述空間中的空气已被排除，水將进入到空气已被排出的地方。这样一来，無論是注射器的壳体，或是它的噴口都被水所充滿。以后，一部分上述的水和凝結了的蒸汽將一同流出到溢流管中。

在上述的可称为第一阶段的过程完成以后，开始过程的第二阶段。蒸汽进入蒸汽噴口；通过蒸汽噴口的蒸汽平均为通过汲水噴口的 10 倍，因而蒸汽流的动能也將增大同样多的倍数。蒸汽在离开蒸汽噴口时，在凝汽噴口中与水相遇，因而被冷凝下来并將其热能与动能傳給了水。

这样一来，在凝汽噴口中的水开始朝着压水噴口 5 的方向运动，但由于要使水能通过并进入已經充滿了水的压水噴口，首先

● 水室即指鍋爐的汽包。——譯者

就必须提起給水閥，这給水閥显然是处于鍋爐压力之下的；因此移动着的流体將被压出凝汽噴口，經由它的槽溝而流入溢流閥的孔口。

此后，当流体帶着足够的动能通过凝汽噴口时，与充滿在压水噴口中的水的表面發生撞击，那末就由于流体在所述的压水噴口和空室內水的表面上产生动压力的緣故而造成了压力，这压力按照巴斯喀定律是分布在整個的压水室內（我們用〔动〕压力一詞为的是使所述的压力能和存在于凝汽室內的静压力有所区别）。

如上所述，如果流体具有足够的动能，足以在压水噴口內水的表面上造成比鍋爐內蒸汽压力还大的动压力，那末按照巴斯喀定律的条件給水閥將被提起，而水即將开始流离注射器的压水噴口而进入鍋爐內；在相反的情况下，也就是說，如果流体具有的动能不够，那末水就將經過凝汽噴口的槽溝和溢流閥的孔口流出至溢流管中去。

在开动注射器的一段時間內，在压水噴口最小截面中流体的压力，并不是如同某些注射器的理論家（見下节）到現在还認為的那樣，等于一个大气压左右，而显然地是，它必須不小于鍋爐內的蒸汽压力，否則給水閥就不会开啓，因而在压水噴口內也自然不会發生水流的运动。

以后进一步的研究引导我們得出一个結論，即当注射器工作时，压水噴口最小截面內的压力將一直是大約等于鍋爐內的压力。

因为在压水噴口最小截面的后面，噴口沿着流体运动的方向而作圓錐形的扩大（見圖1），所以在这截面之后就發生速度的降低。由于在压水噴口逐漸扩大的部分內速度的降低，所以流体的压力升高，并在压水噴口出口处流体所具有的压力將大于鍋爐內的蒸汽压力。但因在压水噴口的出口处流体的速度差不多降低到零，而当它通过給水閥进入鍋爐时流体的速度又要增大，这样通过給水閥流体的静压力就降低到鍋爐內的压力。

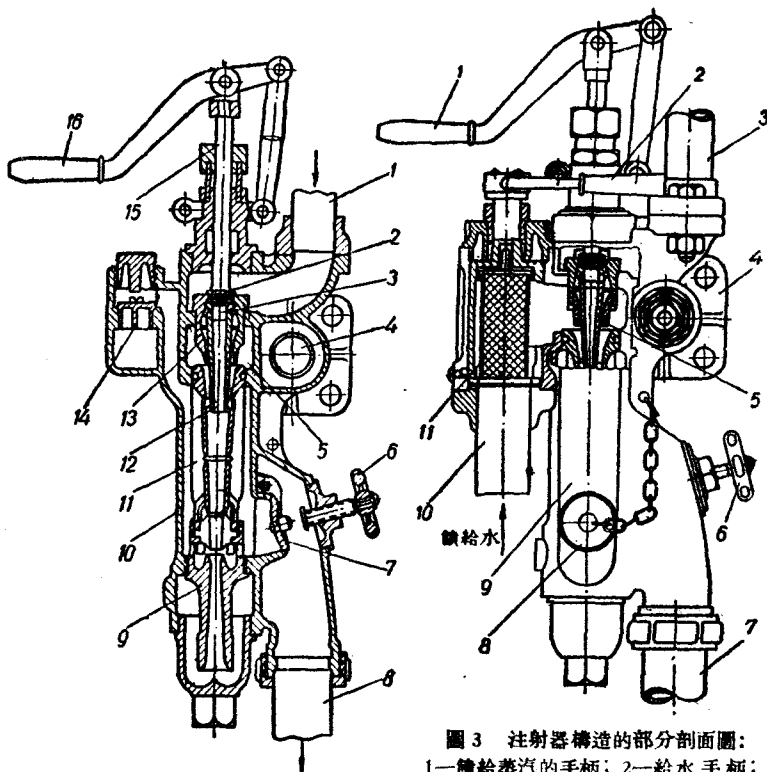


圖 2 注射器構造剖面圖。

圖 3 注射器構造的部分剖面圖：
 1—饋給蒸汽的手柄；2—給水手柄；
 3—从鍋爐引出蒸汽的导管；4—联結
 注射器于鍋爐用的法蘭盤；5—汲水
 噴口；6—溢流閥鎖閉器；7—排出空
 气、蒸汽和水的溢流管；8—蓋帽；
 9—壓水管；10—汲水管；11—护網。

从注射器的構造簡圖（見圖 1）中可以看出，蒸汽噴口有扩散式的圓錐外形；凝汽噴口的外形是收斂式的圓錐形，而压水噴口又是扩散式的圓錐外形。

近代注射器的構造型式（莫斯科〔注射器〕工厂的構造）示于圖 2、3、4、5 和 6，而它最重要的部件示于圖 7、8、9、10 和 11。

圖 2 中示出了汲水噴口 13，蒸汽噴口 12，凝汽噴口 11，压水

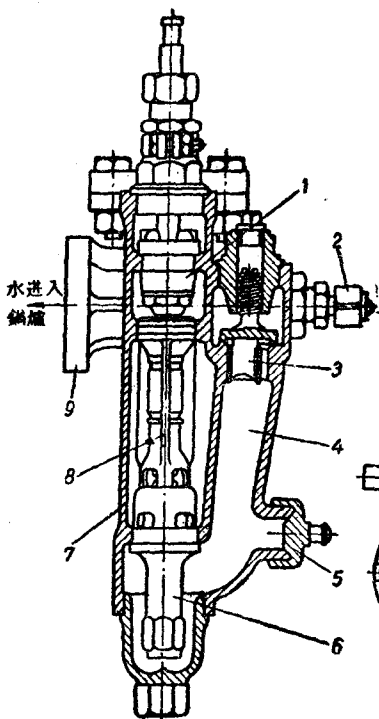


圖4 注射器構造剖面圖：
1—汲水噴口；2—鎖閉閥；3—給水閥；
4—壓水管；5—蓋帽；6—壓水噴口；
7—注射器壳体；8—凝汽噴口；9—聯
結注射器于鍋爐用的法蘭盤。

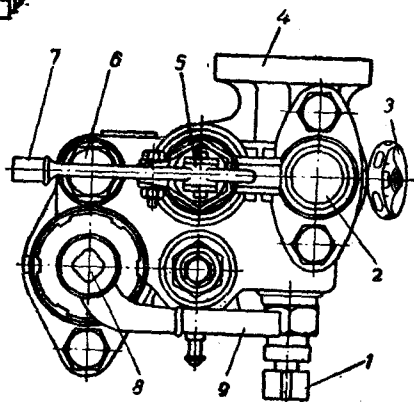


圖5 注射器構造的俯視圖。

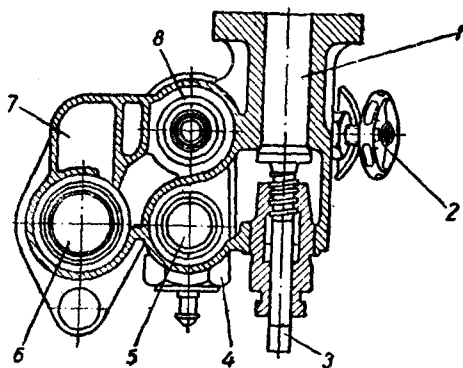


圖6 注射器構造的俯視剖面圖。

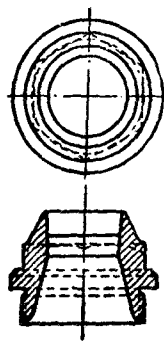


圖7 汲水噴口的構造剖面圖。

噴口 9，溢流閥 7，給水入鍋爐的導管 4，引水至注射器的導管 5，注射器壳体 10，汲水閥 14。

在上述圖中除已指出的部分外，尚示出了：從鍋爐將蒸汽引至注射器的導管 1；控制通往汲水和蒸汽噴口的蒸汽通路的控制杆 15；控制杆的操縱手柄 16；控制杆部分 2，用以關閉通往汲水噴口的蒸汽通路；同一控制杆的部分 3，用以關閉通往蒸汽噴口的蒸汽通路；封閉溢流閥的螺旋鎖閉器 6；开动注射器時從注射器排出空氣、蒸汽和水的溢流管 8。

在圖 3 上也看到這些部件。除此之外，該圖中還示出：使注射器和鍋爐連接用的法蘭盤 4；調節通往注射器的水量的手柄 2；護網 11，防止外界雜物隨水帶入注射器；引水至注射器的導管 10；導管 9，當由注射器向別處供水的情況下，供連接軟管于注射器之用。

圖 4 中示出：汲水噴口 1；凝汽噴口 8；壓水噴口 6；給水閥 3，從注射器來的水能由此通過而進入鍋爐，但從鍋爐流向注射器的水不能通過（止逆閥）；使注射器和鍋爐的水室相隔絕的鎖閉閥 2。

圖 5 中示出（注射器的俯視圖）：开动蒸汽控制杆的手柄 7；控制杆 5；輔助的排水閥 6；通入蒸汽的法蘭盤 2；給水閥 1；汲水管 8；控制給水通路的手柄 9；聯結注射器于鍋爐用的法蘭盤 4；溢流閥的鎖閉器 3。

圖 6 所示是注射器主道 8 處的視面，其上配置着：蒸汽噴口；凝汽和壓水噴口，也示有引水入注射器的主道 6；引水至給水閥的主道 5；截止閥 3；溢流閥的鎖閉器 2；連接軟管用的管接頭 4；輔助排水的管 7 和引水進鍋爐的管 1。

圖 7 所示是汲水噴口的構造，而圖 8 所示是去掉汲水噴口時的蒸汽噴口。

圖 9 及 10 所示是由兩部分組成的凝汽噴口的剖面圖，而圖 11 中所示是注射器壓水噴口的剖面構造圖。從圖上顯然看出，凝汽

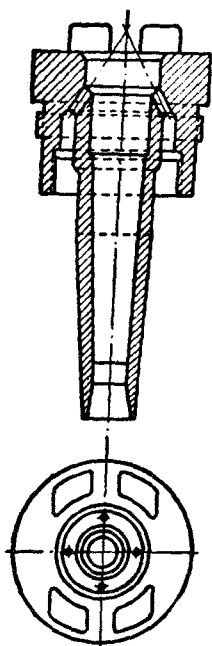


圖8 蒸汽噴口的構造剖面圖。

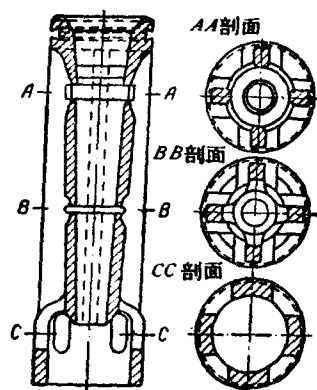


圖9 凝汽噴口的剖面構造圖
一主要部分（第一部分）。

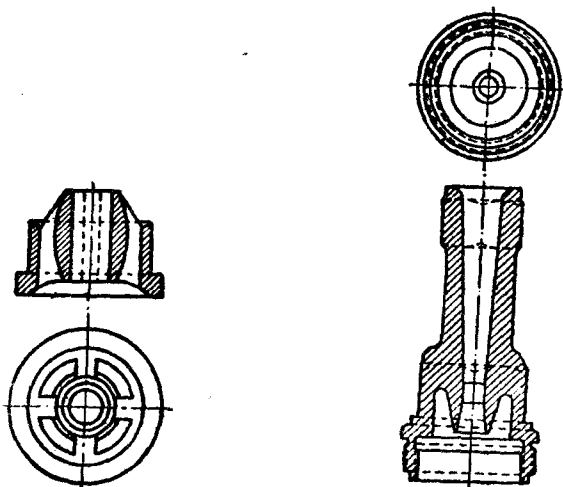


圖10 凝汽噴口的尾部剖面
構造圖（第二部分）。

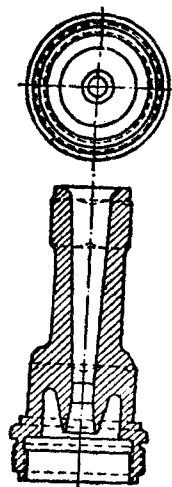


圖11 注射器的壓水噴口剖面構造圖。

噴口具有切槽，其功用就是減小在開動注射器時動能的損失。

在圖 2、3、4、5、6、7、8、9、10 和 11 中所示的注射器和它的部件，是安裝在立式鍋爐上的。供安裝在臥式鍋爐上用的注射器，它的壳體的構造稍有改變（參看圖 15），但注射器的主要部分：即汲水噴口、壓水噴口、凝汽和蒸汽噴口，則不管是在立式注射器上的，或是在臥式注射器上的，均屬相同。對於那些水是在壓力下進入其中的注射器，立式的和臥式的都沒有汲水噴口，至於其餘的主要部分，在構造上則沒有改變。

2 注射器構造的演進

注射器是一種自動化器械，用於熱能動力設備，特別是蒸汽動力設備中，首先是用於以蒸汽供給蒸汽機的蒸汽鍋爐的給水。在 1858 年法國工程師齊法爾（Жифар）獲得了發明注射器的專利權，但是，如同拉德捷格（Радциг）教授所指出的，注射器的前身應算是法國科學家曼努利丹托（Манури д. Энто）早在 1818 年所創制出的、其原理與注射器相類似的一件儀器，而應歸功於齊法爾的只不過是注射器構造上的一些改進以及將它應用到鍋爐給水方面這個重要的思想吧了。

以前因為齊法爾需要一種簡便而重量又輕的泵浦以供使用蒸汽原動機推動的飛艇上作蒸汽鍋爐的給水用，那種情況就促使了齊法爾工程師來應用注射器。

根據文獻（參看原文書末的文獻表）我們得到的結論是，齊法爾在 1858 年取得專利的注射器的構造是比較完善的；正因為對它只作了很小的改進，而發明的基本原則沒有變化，所以 1858 年型注射器的構造和現代類型注射器的構造相比較，改變也很少。

1858 年類型注射器的構造如圖 12 a 和 б 所示。

從圖 12 a 可以看出，注射器有下列的組成部分：1——給水閥；2——壓水噴口；3——溢流孔口及蓋帽；4——凝汽噴口；

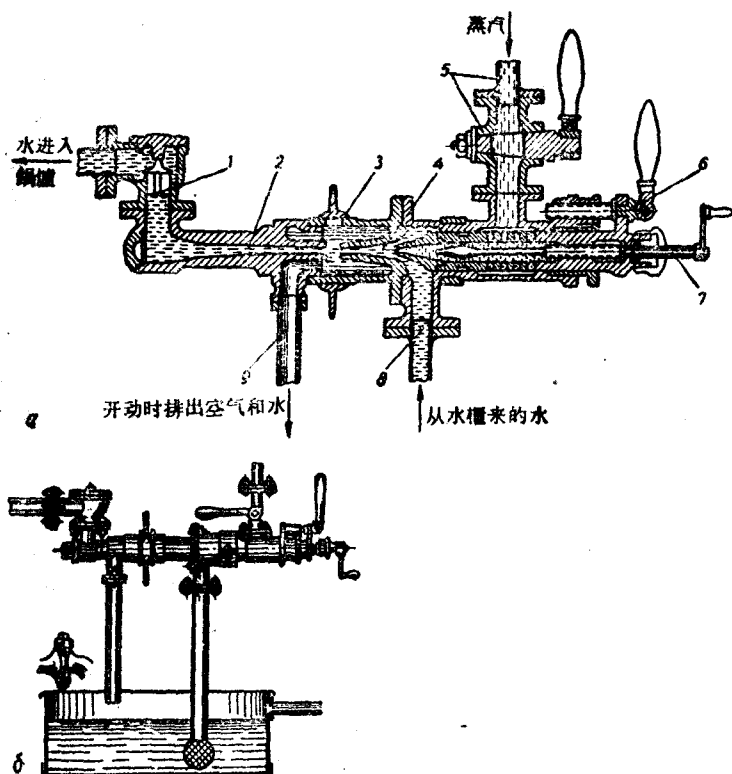


圖12 1858年型注射器構造圖。

a—縱剖面；*b*—外形圖。

5——通導蒸汽入注射器的導管及龍頭；6——螺旋聯動器，可將蒸汽噴口移近或移離凝汽噴口，從而調節水的流入量；7——搖杆，控制流向蒸汽噴口的蒸汽通路；8——引水入注射器的導管；9——溢流管。

圖12 *a* 和 *b* 中所示的注射器構造上的缺點是開動困難。造成這種缺點的原因是凝汽噴口上缺少現代注射器所具備的槽溝。缺少了上述的槽溝，在開動注射器時就會引起流體動能的損耗，而這就是注射器開動困難的原因。

為了使在開動注射器時流體可能遭遇的阻力最小，從而使其

可能损失的动能最少，以保持其在最小截面处的傳遞，在該处由于流体的作用，就單位面积上流体的动压力說来，可得到最大的效率，因而在現代注射器的凝汽噴口上切出了槽溝。这种槽溝能消除發生阻力的可能性，因为在凝汽噴口中聚集起来了的水經過上述槽溝將易于被排出至溢流管中，而起作用的流体就能較为自由地进达压水噴口。

我們在研究注射器的構造时，从其演进的历史可以看出：在設計的方法上是如何演进以及設計師們过去是向那个方向去探索的；設計師們过去可能并不是随时都明确（或者甚至并不是随时都了解）注射器的工作不能令人滿意的原因，因而他們主要是对凝汽噴口的結構来加以改进的。

在1880年內的〔通报杂志〕（Журнал путей сообщения）中我們見到一篇論文〔关于佛利德曼（Фридман）新式注射器的技术評論〕。在該篇評論中，沒有具名的作者談到佛利德曼型注射器老式的和新式的構造。在談到注射器的新式構造时，他指出这种注射器和齐法尔式注射器的区别是：〔其中沒有調整針，而主要是有一节中間管 b ，置于蒸汽噴管 a 和管 c 之間，使水和蒸汽在管 c 中完成混合〕（圖13）。

在这个新管中，水不仅沿着管 b 的內壁进达管 c ，也經由管

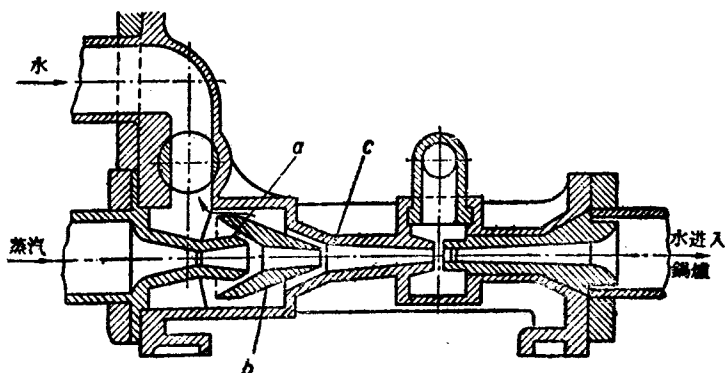


圖13 注射器構造剖面圖—1880年型。

b 的外壁，因而被吸入的水就被管 b 分为兩部。这个情况就一直被認為是佛利德曼式注射器的作用之所以完善的緣故。

如果將两种構造，即注射器的老式構造和圖 13 中所示經過佛利德曼改进后的構造比較一下，可能得到的結論是：佛利德曼在構造上所作的不大的改变，实际是使流体进达凝汽噴口得到某种程度的便利，因为在流体离开噴口 b 的截面处的最大阻力可能达到与引入注射器的水流压力相等的数值，可是增加压力使高于上述截面处的压力是不可能的，因为激流中的水，被堵塞在这个截面上而發生阻力，就会离开管 b ，返入它进入时的管子中去（如箭头所示）。这样將相当影响到水流动能的經濟性。

随后上述論文的作者有些好奇地研究了將圖 13 中注射器的結構（他所称为老式的佛利德曼注射器構造）更改为新型的結構（圖 14）。应着重指出許多論証中的一个：「佛利德曼的新式注射器可以說明注射器作用的理論还没有全部被發掘出来……这样的一种情况是有趣的，就是在佛利德曼的新式注射器中，那种分成兩部的情况完全沒有了（即在注射器的作用上被認作是一种改进的那种將水分成兩部的情况——本書作者），而从圖●中可以看出，管 b 以其底部与包圍着它的外壳紧密地相連接，全部与蒸汽混合的水仅能經由管中通过，因而使管 b 的后部好像就是紧接在其后的用以通过混合液的管 c 的特殊部分……」。

「新式注射器的进一步改变——不知名的作者繼續說——是在靠近管 c 本身的前端迎着溢流管的中部，有一舌头，紧密地与包着管 c 和 b 的外壳相銜接。与溢流管相通的舌头的上端，在兩管之間有一中間空室（參看圖 14，溢流孔 k ），在舌头的下端，管 c 也經由圓孔 k 和溢流管相通連」。上述論文的作者进一步指出，这种「新式注射器形狀的改变帶來了一种很大的好处，使它有可能抽汲溫度在 60°C 以上的水，而对于老式的注射器說来，这个溫

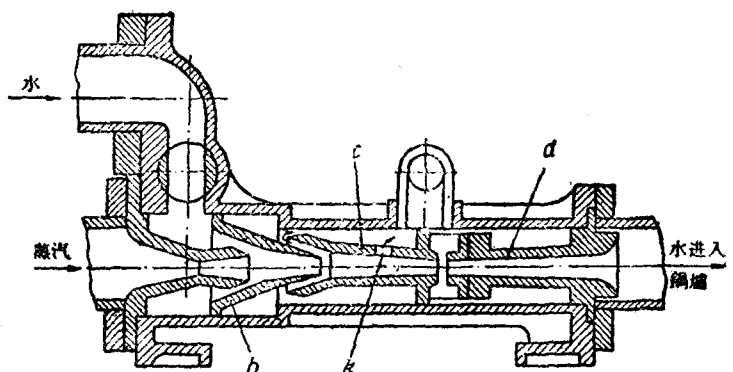


圖14 1880年型注射器構造的第二種設計。

度被認為是最高的]。

如果从开动注射器时动能的使用是否經濟，即从阻碍流体进入凝汽噴口的阻力是否减少的观点来將我們所分析的这两种構造(圖13和14)比較一下，那末实际上我們可得到这样的結論，即[新式]構造(圖14)凝汽噴口中的阻力比[老式](圖13)中的为小，因为將阻碍流体流出噴口 b 的水排出至溢流管(沿着圖14所示箭头的方向)中所需的推动力，比將它們排出至饋水管，即將水傳送入[老式]構造注射器的水管(參看圖13上的箭头所示的方向)所必需的为小。在[新式]注射器中凝汽噴口的深处开了一个和溢流管相通的圓孔 k ，因而可防止凝汽噴口中阻力的形成而使在运动中流体的动能免遭过早的[破坏]。此处所用[破坏]一詞的用意是指阻力迫使流体在不利的截面处將其动能变为压力，在該截面处由于截面面积的增大，动能轉变为动压力的效率要被减低。

如果記住，进入注射器的水的溫度愈高，則为了凝結相同数量的蒸汽所必需汲进的水量公斤数也愈大，那末佛利德曼[新式]注射器能够傳送溫度較高的水的那种情况將是可以理解的。但对应一公斤蒸汽所必需的水量公斤数愈大，則每單位質量混合液的动能將愈小，也即是說，随着流体質量的增大(当然是在蒸汽动能不变的情况下)，流体的速度將被减小。当流体用于克服額外阻力(它