

蘇聯國立氮素工業研究設計院

氮素工業研究報告彙編

第二輯

蘇聯國立氮素工業研究設計院 編

化學工業出版社

МХП СССР
ТРУДЫ
ГОСУДАРСТВЕННОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
И ПРОЕКТНОГО ИНСТИТУТА
АЗОТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ВЫПУСК 2
ГОСХИМИЗДАТ(МОСКВА·1953)

氮素工业研究报告汇编

第 二 輯

刘建勋等译 文学敏等校

书号: (内) 286

定价: 0.89元

化学工业出版社(北京安定門外和平北路)出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 092 号

化学工业出版社印刷厂印刷 内部发行

1959年12月第1版 1959年12月第1版第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 字数: 67千字

印张: 5¹⁴/₃₂

印数: 3000

蘇聯國立氮素工業研究設計院

氮素工業研究報告匯編

第 二 輯

蘇聯國立氮素工業研究設計院編

劉建勛等譯 文學敏等校

化學工業出版社

蘇聯國立氮素工業研究設計院氮素工業研究報告匯編是由蘇聯國立氮素工業研究設計院收集與整理了該院研究工作者近20年來的研究報告匯編而成的。目前我們已收到了1~8輯。為了把他們的研究成果系統地介紹給我國從事氮素工業及有關方面的研究、設計、生產、建設的同志們，以便進一步提高我國氮素工業的科學技術水平，決定逐輯翻譯出版。

本匯編各輯中，包括有物理化學研究、動力學與催化反應、合成氮用氣體的製造、氣體的淨化、化工過程及設備、電化學與腐蝕及實驗室研究的方法與分析等部分。這些研究報告，都圍繞着氮素工業生產的各個有關方面，並以氮的合成為主體，補加了合成氮生產過程的產品及副產品的綜合利用等有關資料。

本書系匯編的第二輯，由劉建勛、孫昌寶、范迪雲、冷寅正、管多生等同志翻譯，文學敏、鄭幸揚、孫為敏等同志校訂。

本書可供從事合成氮工業及有關方面的研究、設計、生產、建設的技術人員閱讀，也可供高、中等化工學院固定氮專業的教師及高年級學生學習、參考。

目 录

一、物理-化学研究

气体和混合气体的粘度(报导二)——И.Ф.哥卢别夫, B.A.彼特罗夫	5
高压下液—气界面的表面张力(报导二)——И.Е.博利沙科夫, Г.Т.列夫欽科	33
高压下液—气界面的表面张力(报导三)——Г.Т.列夫欽科, И.Е.博利沙科夫	46
钙—钠有机离子交换剂体系的平衡——M.A.米尼奧維奇, С.Д.符里德曼	52

二、动力学与催化反应

甲烷与水蒸汽在镍触媒上作用的反应动力学——A.Г.列伊布什, M.A.柳德科夫斯卡娅	62
在煙类緩慢氧化反应生成中間产物时压力的作用——M.C.弗尔曼, A.И.舍斯塔科娃, И.И.拉德列—杰夏特尼克	77
含氧毒物对合成氨生产所采用的各种粒度的触媒的能力的影响——M.T.魯索夫, И.И.西多罗夫, О.А.斯特列利佐夫	80
氢原子与甲烷的相互作用——E.H.叶烈明	91
氮在电火花中氧化反应的活化本质——E.H.叶烈明, B.Г.柳德科夫斯卡娅	98

三、煤的气化

固体燃料的化学活性(报导二)——M.B.科罗列娃	110
--------------------------------	-----

四、气体的淨化

用氧化鋅吸收剂脫除气体中的有机硫化物(报导一)——И.Д.泽耳文斯基, С.Ю.格尔奇科娃	131
---	-----

五、化学设备

脱除水中二氧化碳的装置——И.И.邦达烈夫.....	158
----------------------------	-----

六、实验室研究的分析及方法

在氮肥生产的分析控制中离子交换剂的运用——М.А.米尼奧維奇, Ф.М.腊波波尔特, А.С.坎托尔	162
极谱定氧法——И.М.康托罗維奇.....	166
用BTH分析器测定在含乙烯气体中乙炔的含量——А.В.沃耳科夫 ...	173

一、物理-化学研究

气体和混合气体的粘度

(报导二)

技術科學博士 Н.Ф.哥盧別夫

В.А.彼特羅夫

1. 气体粘度的試驗測定

在大气压和各种温度下,对于試驗測定气体及混合气体的粘度,进行了非常精确的研究。在这些研究中,試驗技术已达十分完善。最近,并在高压下进行了大量的研究工作。

測定高压气体的粘度有很大困难,所得的試驗数据也不如常压时的那样精确。因此,为了研究高压气体的粘度,則必需进行大量的試驗研究工作。在本文中我們將詳細地介紹測定的方法和研究时所采用的粘度計裝置。

最常采用的測定气体粘度的方法有: а)毛細管法——即使被試气体流过直径細小的管子來測定它的粘度; б)使重物在待試气体中降落的方法; в)根据对圓盘(悬挂在待試气体中)旋轉振蕩的阻尼來測定粘度的方法。

这些方法中,只有毛細管法具有最为严整的并为試驗所証实的理論基础。

正如大家所知道的,液体和气体的流动分为层流和湍流两种。

在一定的流动条件下,层流变为湍流的界限决定于某一无因次的数值——雷諾参数。对于光滑的直管來說,这个称为雷諾臨界值的数值系等于:

$$Re_k = \frac{wd}{\nu} = \text{常数} \approx 2300$$

式中 w ——气体前进运动的平均速度;

d ——管径；

ν ——运动粘度。

由此方程式可以看出，当其他条件相等时，管径愈小，则由层流变为湍流的“交界处”的速度——临界速度则愈大。所以，即使前进运动速度很大，在直径很小的管子（毛细管）中也能得到气体的层流。

因为在层流时没有横向速度，所以可以解决当层流稳定时的速度分布问题。

此时所得出的方程式，可使代入该方程式的运动粘度系数 η 的试验测定的精确方法得以实现。

层流运动的基本方程式是嘉盖-泊赛（Гаген-Пуазейля）方程式：

$$V = \frac{\pi(P_1 - P_2)r^4}{8L\eta} \quad (1)$$

式中 V ——单位时间内流过管子的气体或液体的体积；

L 和 r ——毛细管的长度和半径；

P_1 和 P_2 ——毛细管入口和出口处的压力。

用毛细管粘度计测定粘度主要用这个方程式作为基础，但是在实际使用时，还应该在方程式中代入下列校正值：

- 1) 动能的校正值；
- 2) 滑动的校正值；
- 3) 流过毛细管的气体膨胀的校正值。

每个校正值的相对大小均由试验条件来决定。对于低压气体，必须考虑后两个校正值，舍去第一个校正值；对于高压气体则正相反，只有动能的校正值才具有重要意义。

2. 粘 度 计

本文作者研究了五种粘度计的结构。

第一种方案

第一种方案的粘度计装置示于图1。用压缩机5将待试气体从

气柜4压至高压容器6。然后，气体通过滤器7和调节阀1送至蛇管式热交换器8。热交换器系由内径为1.5毫米、外径为5毫米的钢管制成。气体在热交换器内加热到恒温器的温度，然后进入试验管10(玻璃毛细管在试验管内)。试验管的两端与差压计11相连。在试验管入口处，穿过酚醛胶布板的密封垫插入铁-康铜热电偶12。

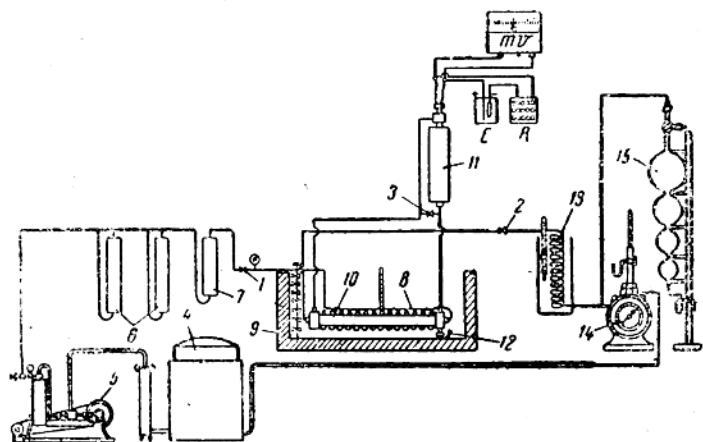


图1 测定高压气体粘度的装置(第一种方案)

1—试验管进气阀；2—试验管放气阀；3—中间阀；4—气柜；5—压缩机；6—高压容器；7—过滤器；8—蛇管式热交换器；9—恒温器；10—试验管；11—差压计；12—热电偶；13—水冷却器；14—气表；15—测定用的玻璃量筒

将气体充入装置及由装置中放出气体时(放出压力)，均应打开阀3，但在试验时，此阀门则应关严。使气体由试验管通过阀门2降压到大气压，然后测定气体的体积(体积速度大时，用气表14测定体积；体积速度小时，则以测定用的玻璃量筒15来测定体积)。根据在某一时间内流过、并在大气压下测定的气体体积，按照数据 P ， V ， T (对于待试气体来说，这些数据应该是已知的)即可算出在试验温度和压力下气体的体积。

气体在送入气表或测定用量筒以前，需通过水冷却器13，以便冷却到室温。

在读出读数时，气体从容器6经过阀门1均匀地送入试验管，

相应地也有同样多的气体经过閥門 2 放出，这时，毛细管中的压力和压力降可保持不变。

这样，根据試驗結果便可确定在試驗条件和在某一測定的压力降下，在单位時間內通过毛细管的气体体积。如毛细管的几何尺寸是已知时，考虑到毛细管法所有的校正值，便可根据气体体积，按照泊賽方程式算出在試驗溫度和压力下的气体粘度系数。

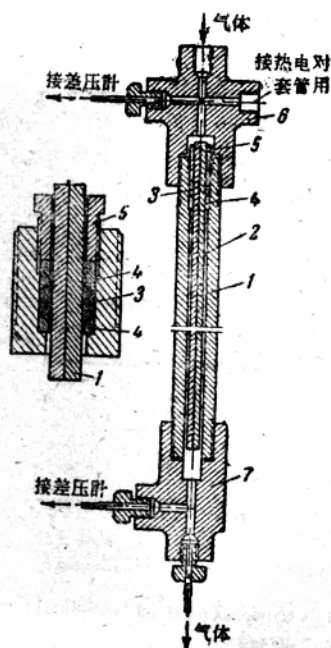


图 2 試驗管

- 1—玻璃毛细管；2—定心环；3—填料；4—
鋼質墊圈；5—压紧螺栓；6—鋼質四通管；
7—鋼質三通管

試驗管(图 2)由长约 1 米的鋼質圓筒制成，管子內径 11 毫米，外径 25 毫米。該管一端与四通管 6 相連，另一端与三通管 7 相連。在四通管和三通管上备有通入和放出气体、連接差压計和插入热电偶用的孔。

位于鋼管內的玻璃毛细管 1，其一端用填料固定和密封，另一端有定心环 2。填料 3 用浸了胶木漆的皮革或細石棉繩制成，用压紧螺栓 5 将其夹在两个鋼墊圈 4 之間。

差压計(图 3)由带盖 2 的不大的高压容器 1 組成。在盖(密封塞)上擰入鋼質三通管 3，借插头 4 (有酚醛胶布板的密封垫 5) 通过三通管通入气体和插入引入綫 6。

盖的下边有填料函。填料函由两个圓錐形金属墊圈 7、填料 8 (皮革的或石棉的)和压紧螺栓 9 組成。填料函系用来夹紧和密封玻璃管 10。該管的上部扩大，以避免水銀从差压計中跑出，在管的扩大部分上連接帶有孔 12 的广口玻璃管 11。

引入綫 6 由三段組成：一段為粗銀絲 13 (通過密封插頭 4)，另一小段為粗銀絲 14，第三段為用細銀絲制成的測定段 15。引入綫段 13、14 插在玻璃管 16 和 17 內，以便拉緊細銀絲 15，防止水銀落到銀絲上，并易于將引入綫連同三通管 3 一起從差壓計中拔出。在玻璃管 17 的兩端有孔 12。

引入綫的下端淹沒在水銀中，水銀是活動触点，通過高壓容器外壳接地。

在串聯電路中包括：電池—變阻箱—引入綫—地。用并聯的電流計測定在引入綫—地這一段上的電壓。試驗時，毛細管兩端的壓力差引起管 10 內水銀面上升。因水銀淹沒了細銀絲 15 而消去了一部分電阻，因而在引入綫測定段上的電壓也減小了。因此，一定的壓力降完全相當于一定的電壓降，此數值可由電流計測出。差壓計可按大氣壓下的水柱校準。校準的結果用于高壓下〔達 1000 (氣壓)〕也不會發生明顯的誤差，因為水銀的體積和銀絲測定段的電阻在這個壓力範圍內的變化是極其微小的。在我們的試驗中，引入綫測定段的長度一種為 50 毫米，另一種為 100 毫米。

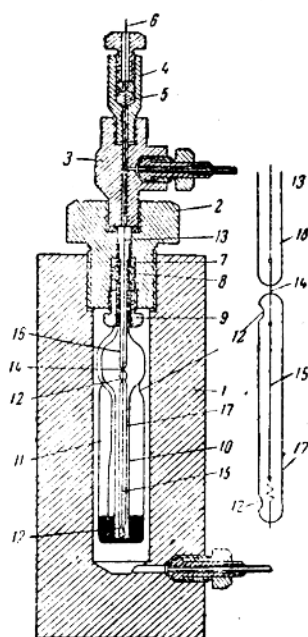


圖 3 差壓計

1—高壓容器；2—蓋；3—鋼三通管；4—密封插頭；5—酚醛膠布板密封墊；6—引入電綫；7—鋼堵圈；8—填料；9—压紧螺栓；10—玻璃管；11—大口玻璃管；12—孔；13—粗銀絲；14—粗銀絲；15—細銀絲；16、17—玻璃管

在引入綫測定段全長上的電壓降，可用有 250 分度的電流計測定。因此，當測定段的長度為 50 毫米時，刻度盤上每一分度相當于 0.2 毫米水柱，測定段長 100 毫米時，每一分度相當于 0.4 毫米水柱。

第二种方案

毛细管和差压计连在一起的装置示于图4中。待试气体可用压缩机送至高压容器，然后由高压容器经阀门1进入蛇管式热交换器6，在此加热至恒温器的温度（高压容器4同盖5和热交换器6均放在油恒温器内）。

把气体充入装置时，中间阀2应该打开，以便气体可由第二个进口7进入粘度计。在上述条件下，当把气体充入粘度计或由其中放出气体时，在毛细管两端的压力与粘度计中水银的压力都是一样的。

在进行试验时，气体通过阀门3减压至大气压（中间阀2应该

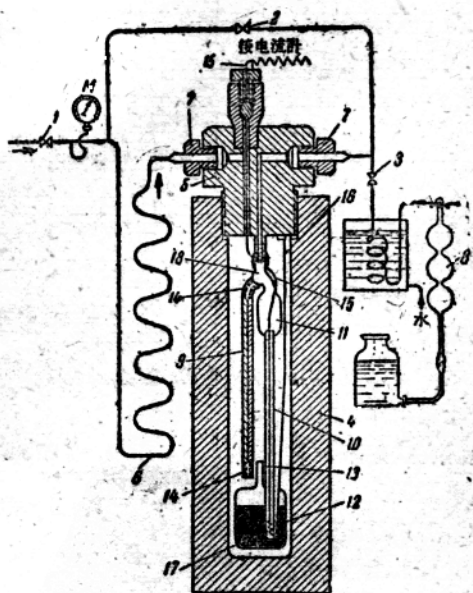


图4 测定高压气体粘度的装置(第二种方案)

1—装置的进气阀门；2—中间阀；3—装置的放气阀门；4—高压容器；5—容器4的盖；6—蛇管热交换器；7—高压进口；8—测定用量筒；9—玻璃毛细管；10—玻璃管(带有扩大部分11和玻璃瓶12)；13—玻璃瓶12的出口；14—过滤器；15，15—引入线；17—玻璃管10上的孔；18—厚壁玻璃管

关严)。

在减压的同时，經閥門 1 送入气体，以便在讀出讀数时，粘度計中的压力可維持不变，并使压力差也保持不变。在試驗時間內流过粘度計的气体体积，經减压后用量筒 8 測出，然后再換算成在試驗条件下的体积。

当压力不变，和气体均匀流过閥門 3 时（这說明气体是均匀地流过毛細管的），粘度計中的压力差則达到固定不变；压力差的数值，如第一种方案一样，可用鉑絲測定段上測定电压的方法由电流計来測定。

玻璃粘度計由毛細管 9 和管 10 組成。管 10 上面有扩大部分 11，下面有玻璃瓶 12。瓶 10 經過孔 13 与周围介质連通。毛細管的两端有分劈石棉纖維的过滤器 14，以防止毛細管被污染。将鉑絲 ($d=0.5$ 毫米) 制的引入綫段 15 和 16 引入管 10。沿管中心綫有直径为 0.1 毫米的細鉑絲(測定段)，細鉑絲为下面的鉑彈簧所拉紧。粘度計的上端(厚壁玻璃管 18) 利用浸了含滑石粉的水玻璃的石棉繩同高压容器頂部严密連接(温度不高时，可以用胶管)。

必須指出，試驗温度变化时，由于电流計刻度起点的移动，会使鉑絲測定段的电阻的絕對值有所变化。所以，当試驗温度改变时，每次都要把电流計的指針定在預先选定的刻度起点上，只要改变串联的电阻，这一点很容易办到(參看第一种方案的装置图)。

測定粘度計中压力降的电流計，其刻度可按大气压下的水柱校准。为此，把流过气体的粘度計(这时粘度計是在高压容器內)平行地与另一个压力計——灌水的 U 形玻璃管相連。

第三种方案

在第一种方案 and 第二种方案的装置上作試驗有某些困难，因为必須从在大气压下測定的气体体积算出試驗条件下的气体体积，可是在所需温度和压力下的气体的 P , V 和 T 常常又是求知的。在試驗过程中使压力和压力降保持不变也是困难的。

在图 5 所示的装置中，在測定粘度时不必量出流过毛細管的气体体积和毛細管中的压力降。

裝置由內裝玻璃粘度計的高壓容器4組成，放在油恆溫器中。在蓋5內有兩個進氣口，引入綫6也通過其中一個進氣口。打開中

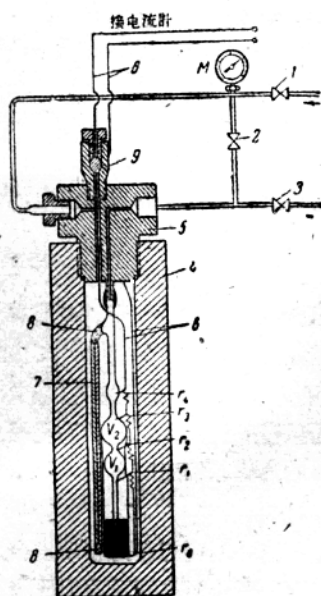


圖5 測定高壓氣體粘度的裝置
(第三種方案)

1—裝置的進氣閥門，2—中間閥，3—裝置的放氣閥，4—高壓容器，5—蓋，6—引入綫，7—玻璃毛細管，8—過濾器，9—密封插頭； U_1 和 U_2 —玻璃球； r_0 ， r_1 ， r_2 ， r_3 ， r_4 —帶電阻的鉑触点

間閥2，氣體通過閥門1充入裝置。試驗時，閥門1和2均關閉，閥門3打開。氣體通過閥門3放出。此時，氣體所具有之速度，使玻璃球 v_1 和 v_2 周圍空間中的壓力與球內的壓力產生某一定的差。這一點很容易辦到，因為壓力通過毛細管達到平衡是比較緩慢的。

氣體需繼續排出，直到水銀充滿玻璃球 v_1 和 v_2 ，並且達到触点 r_4 為止，此後將閥門3關閉（試驗壓力只能在關閉了這個閥門以後測量）。

毛細管兩端所形成的壓力差迫使氣體流過毛細管，而水銀則往下降。用秒表記下水銀從 r_3 降到 r_2 ，和由 r_2 降到 r_1 （相當於從 v_2 和 v_1 中流出）的時間。為使試驗更可靠並控制氣體流過毛細管的條件，可採用兩個玻璃球。

V 為毛細管的此處的尺寸、玻璃球 v_1 和 v_2 的容積（相當於在試驗溫度和壓力下流過毛細管的氣體體積）和壓力降是不變的，並且是預定的，所以根據水銀流出的時間，即可很容易算出粘度係數。

帶串聯電阻的触点 r_1 ， r_2 ， r_3 和 r_4 可用來確定水銀液面（按電流計）。分劈石棉纖維的過濾器8可防止毛細管被污染。在低溫時（ 100°C 以下）玻璃粘度計系用膠管與高壓容器的蓋連接；在高溫時則用薄鐵片制的圓筒連接。該圓筒的上端纏有浸過含滑石粉水玻璃

的石棉繩。為了連接粘度計和容器蓋也可以用小的鉑圓筒，它的一端熔入玻璃中，另一端焊在鋼蓋的連接管上。

第四種方案

能够在高压下同时确定气体和混合气体的可压缩性和粘度的試驗裝置，系对于研究气体的物理性 理想的設備。这种裝置的示意图示于图 6。

此裝置由帶蓋 5 的高压容器 4 組成。容器內有玻璃粘度計（壓縮率-粘度測定計）。

蓋上有兩個入口：一個通過粘度計的毛細管與玻璃球 v_1 和 v_2 相連，另一個同粘度計的外圍空間連接。密封于酚醛膠布板錐形塞 8 中的引入綫 6 也通過第二個入口。在入口前有高压管（內徑 5 毫米）制成的熱交換器 12。

打開中間閥 2，待試氣體則可經閥門 1 充入裝置；當達到所需的壓力時，則將閥門 1 和 2 關閉。然後，氣體開始從玻璃球 v_1 和 v_2 經過閥門 3 放入大氣中，這樣便使球內的壓力降低。由此形成的壓力差迫使水銀上升到球 v_1 和 v_2 內，並使鉑觸點閉合，以便從電流計判定水銀面。從玻璃球中排出的氣體體積，從觸點 r_2 開始測定，觸點 r_2 的閉合是利用中間閥門 2 來調節的。

球 v_1 是否瀰滿系接觸點 r_3 來判定。而球 v_2 ，為了更精確起見，採用觸點 r_4 和 r_5 來判定。

從玻璃球排出的氣體體積可用干燥的量筒計量。

在試驗初壓力 (P_H) 和恒溫器（裝置放在恒溫器中）的溫度下測定壓縮系數的試驗，至此即告結束。

繼之，使水銀升到觸點 16，然後將閥門 3 關閉，並在某一試驗終壓力 (P_K) 和恒溫器的溫度下進行測定粘滯系數的試驗 ($P_H - P_K$) 的壓力差相當於設備放出氣體（從觸點 r_2 到觸點 r_4 ）時設備所降低的壓力。在我們的試驗中，所放出的氣體體積約占高压容器總容積的 $1/60$ 。

打開中間閥 2，形成閉合環路，此時在粘度計中水銀面的差即為在毛細管長度上的壓力降。由於水銀自身的重力作用，玻璃球中

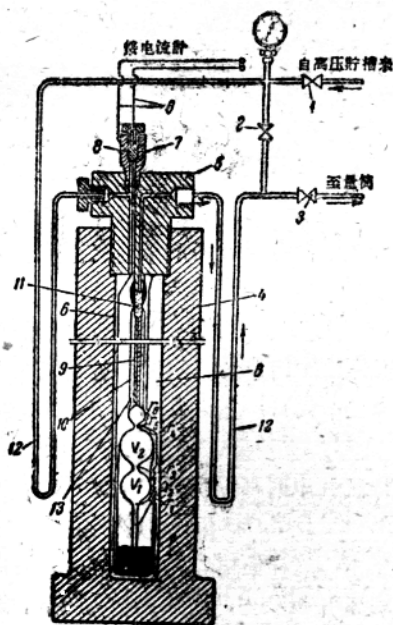


图 6 测定高压气体粘度的装置
(第四种方案)

1—装置的进气阀；2—中间阀；3—装置的放气阀；4—高压容器；5—盖；6—引入线；7—密封插头；8—酚醛胶布板锥形塞；9—玻璃毛细管；10—玻璃管；11—过滤器；12—热交换器；13—孔。



图 7 玻璃制的压缩率-粘度测定计(第四种方案)

的水银面不断下降，迫使气体流过毛细管。

根据测出的水银从玻璃球 V_2 和 V_1 中流出的时间（按触点 r_1 、 r_2 和 r_3 的接通）即可算出粘度系数。泊赛方程中的所有其他数值（流过毛细管的气体体积，毛细管的尺寸和毛细管中的压力降）均为常数，并且是预定的。

这样，当水银在玻璃球 V_1 和 V_2 中上升时，便可测定气体的压缩系数；当水银下降时，便可测定粘度系数。

玻璃制的压缩率-粘度测定计单独示于图 7 中。

为了取得必需的溫度，將容器4同蓋5和熱交換器12放在油恆溫器中，當溫度需超過 150°C 時，則放入電熱爐中。溫度用三個水銀溫度計來測量，溫度計以不同的深度插入容器4的壁孔中。

曾用第四種方案的裝置，測定了各種氣體和混合氣體的粘度，並在很大的溫度和壓力範圍內在某些條件下測定了它們的壓縮率。

第五種方案

這個方案特殊的地方是在裝入高壓容器中的玻璃粘度計方面（圖8）。裝入粘度計時，要使粘度計傾斜 90° ，也就是說，當它處於水平位置時，水銀則沿管6布開。當粘度計重新迅速豎直時，水銀即處於圖右部所示的位置。

這樣，為了形成粘度計內水銀的液面差（毛細管兩端的壓力差），必須首先將粘度計傾斜 90° 。然後將其放平，放平後再迅速地把它豎起來。

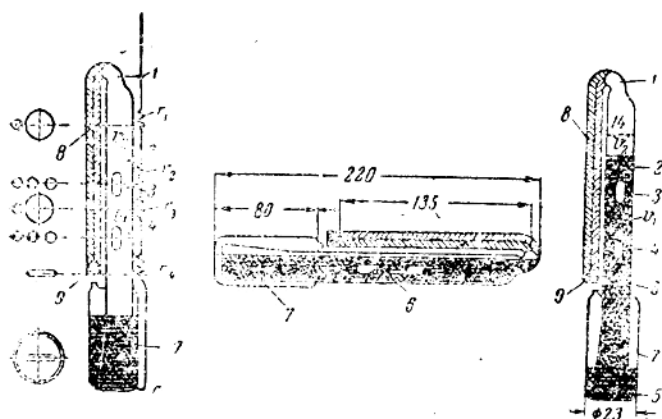


圖8 為形成粘度計內水銀的液面差，粘度計傾斜時所處的位置

1, 2, 3, 4, 5—鉛触点；6—斷面變化的玻璃管；7—下邊的玻璃瓶；

8—毛細管；9—過濾器； V_1 —測定容積； V_2 —附加容積；

V_3 , V_4 , V_5 , V_6 —電阻

為了更明顯起見，在該圖的左部示出了粘度計不同高度上的剖視圖，並標出了儀器的主要尺寸。這種粘度計用來測定粘度非常方