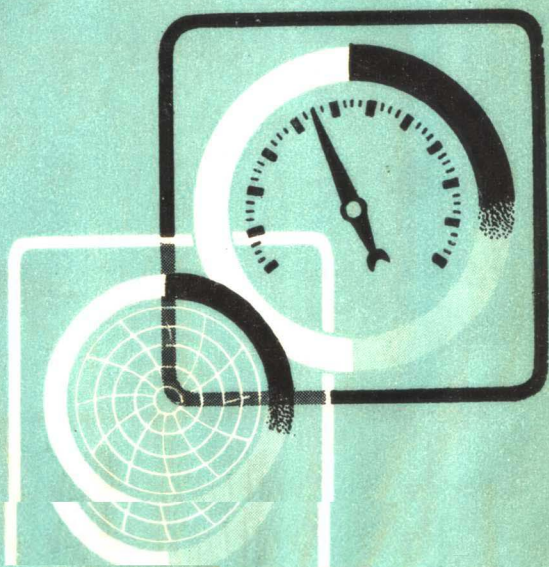


热工仪表
工人叢書
第三册



流 量 表

刘学周編著

目 次

出版者的話	3
第一章 概 說	4
第一节 流量表的用途	4
第二节 流量表的种类	5
第三节 节流現象	6
第四节 节流器的型式	8
第二章 流量表的构造原理	10
第一节 苏联制純机械式浮子型流量表	10
第二节 苏联制电气机械式浮子型流量表	18
第三节 德国制西門子式浮子型流量表	24
第四节 鐘罩式浮子型流量表	30
第三章 流量表的校驗	37
第一节 压差的校驗装置	37
第二节 流量与压差的关系及其計算法	40
第三节 苏联制流量表指示和記錄部分的校驗及調整法	42
第四节 苏联制积算部分的校驗及調整法	52
第五节 西門子式流量表的校驗及調整法	61
第六节 校驗鐘罩式流量表的注意事項	65
第四章 流量表的誤差来源及其改正法	67
第一节 流量表誤差的来源	67
第二节 被测流体的规范与原設計不同时的改正法	69

第三节	改变苏联制流量表测量范围的方法	80
第五章	流量表的安装	86
第一节	节流器的安装	86
第二节	连接管的安装	90
第三节	差压计和二次仪表的安装	93
第四节	电气线路的安装	94
第六章	流量表的使用方法和维护事项	95
第一节	苏联制流量表的使用方法	95
第二节	西门子公司流量表的使用方法	97
第三节	钟罩式流量表的使用方法	98
第四节	使用中的维护事项	98
第七章	故障推断及处理方法	99

出版者的話

解放以來，由於我國電力工業的迅速發展，廣大電業工人日益迫切要求有系統地學習技術理論知識，以求提高自己的業務水平，改進工作。我社過去雖曾陸續出版了一些工人讀物，但選題比較零星，缺乏有計劃有系統的安排。我們曾多次徵求社外有關單位及工人同志的意見，認為有必要按電業工人不同的專業，分別出版幾套叢書，着重講述有關專業的設備構造原理和安裝檢修、運行的基本理論。文字和內容要求盡量通俗、淺顯，使工人在進一步掌握技術上打好理論基礎，並從叢書中更好地掌握一些基本的操作技術。根據這一出書原則，我社已初步擬定了鍋爐、汽機、電氣、綫路、化學、熱工儀表、水電等七套供電業工人閱讀的工人叢書。此外，我社還決定不斷地出版“電業工人學習文選”，專門介紹安裝、檢修、運行中的具體工藝過程和經驗、體會，以及結合現場實際情況進一步闡述叢書中的某些重要問題。

“熱工儀表工人叢書”分為七冊：壓力測量、溫度表、流量表、鍋爐水位計、煙氣分析儀表、鹽量表和氧量表、熱工自動調整裝置。叢書中介紹了這些儀表的基本原理、常用的型式，並講述安裝、運行、維護及校驗的基本知識。這套叢書，專供具有高小或初中文化程度的熱工儀表工人進修之用；鍋爐、汽機工人也可參考。

我社出版工人叢書是十分缺乏經驗的，希望工人同志們對於書中取材的範圍、內容的深淺各方面提供意見，使我社出版的工人讀物能更好地適應工人同志的需要。

第一章 概 說

第一节 流量表的用途

流量表的用途，在工业上来說是十分广泛的。現在仅把它在火力发电厂中的主要用途說明如下：

一、流量表在保証安全供电上的重要性

我們知道，火力发电厂生产的成品是不能儲藏起来的，同时也是时刻不停地生产着。发电量要随着用户的需要而有所增減；也就是說，当用户的用电量增加时，发电厂就要立刻增加发电量，这时鍋炉就必须增加蒸汽的生产量；当用户的用电量減少时，鍋炉就必须減小蒸汽的生产量。所以沒有高度热力自动化设备的鍋炉机組，鍋炉运行人員就要不断地随着負荷的增減进行操作。在沒有安装流量表的鍋炉房內，运行人員只有依靠蒸汽压力表进行操作，当压力表的指示大于額定数字时，燃燒室內应立刻減煤減风；反之，当压力表的指示小于額定数字时，就应立刻向燃燒室里增煤增风。但是用这种方法来經常改變送入燃燒室中的煤量和风量（空气量）是很不安全的。一方面，是不能及时調整，常有掉汽压或使安全門动作的事故发生；另一方面，是不知道鍋炉当时負荷量多少，經常会使鍋炉在安全負荷以下或超过額定負荷以上运行，这就会影响鍋炉的寿命。如果在鍋炉房內安装流量表，运行人員在操作时就会心中有数，上面所說的危險性就不会发生了。

二、流量表对于經濟运行方面的重要性

有了流量表，我們才可以进行鍋炉或汽輪机的热效率試驗，找出某台鍋炉或汽輪机的經濟負荷，制訂出經濟燃燒卡

片，这样就可以研究出全厂的經濟运行方式。

有了流量表，才可以計算出某台鍋炉产生一噸蒸汽需要多少公斤的煤，或者某台汽輪发电机发出一度电时，耗費了多少公斤的蒸汽。这样，有关技術人員就可以根据它来分析煤耗和汽耗、鍋炉汽机的效率；同时，还可以在變換各种操作方法时运用流量表来找出不經濟的毛病和最經濟的运行方式。並可以根据鍋炉的效率合理地分配負荷。

有了流量表，才可以学习苏联先进經驗，实行車間經濟核算制：即鍋炉車間的成本是按照每产生一噸蒸汽的成本来决定的；汽輪機車間的成本是按照消耗了从鍋炉車間送来的多少噸蒸汽来計算的；化学車間的成本是按照送进鍋炉多少噸軟化水来計算的。这样，每个車間就可以不断改进操作方法和运行方式，来爭取降低单位成本。

第二节 流量表的种类

流量表按用途来分有蒸汽流量表、給水流量表和瓦斯流量表等。

根据流量表构造原理的不同可分为：

一、容积式流量表 是讓被测量的液体不断地充滿流量表的一定体积的測量室內，然后又不断地流出，当液体繼續流过流量表时，測量室就不断地动作着。它动作的次数是靠一套記錄器自动地記錄下来，根据記錄器上的数字，就可以計算出通过流量表的液体流量。这种流量表只能测量液体的流量，它又分为活塞式、摆动盘式和水封滾筒式等几种。

二、速度式流量表 是利用被测量的流体（包括液体和气体在內）流过管道时的速度来轉动流量表的翼形叶輪或螺旋叶輪。当流体流动的速度增大时，叶輪轉动的轉数就快；

反之，当流体流动的速度變慢时，叶輪轉动的轉数就慢。也就是說，叶輪轉动的轉数与流量成正比，所以只要我們能利用一套專門记录叶輪轉动的計数器，就可以知道流过流量表的流量了。根据叶輪的构造型式，又可分为風扇式、渦輪式和螺旋式三种。

三、压差式流量表 是在流体的管道中安装一个特殊的設備，使流体經過它的时候，在它的前后产生压力差（通常簡称为压差），此压差的大小是与流量的大小有密切关系的。由于我們利用这个压差来測量流量的方式不同，又可分为定压差式流量表和节流式流量表。

在定压差式流量表中，又分活塞型和浮子型两种。当流体从特殊孔道中由下向上流过时，在活塞或浮子的上下产生了压差，因而活塞或浮子便向上升起，上升后，通路面积變大，压差降低，直到活塞或浮子在流体內的重量，与压差的作用力相平衡时才停止上下移动。当流量大时，浮子或活塞所上升的高度就大；当流量小时，上升的高度也小。如果在活塞或浮子的旁边，刻上以流量为单位的刻度尺，我們就可以知道当时流过的流量了。

此外，尚有利用彼脫管、超声、磁电、电热絲等方法来測定流量。

节流式流量表在工业上应用最为普遍，发电厂里的流量測定絕大部分都是採用这种型式的流量表，所以本書就專門討論它。

第三节 节流現象

流体的节流現象可用图 1 來說明；图 1 中是表示正有流体流过的一段管子，在这段管子中安装有一个特殊設備，叫

做节流器，它的中央有一个孔道，比管子的内直径小一些。在管子的上方，安装有一个 U 型管的差压计，中心线上的箭头方向，即表示流体流动时的方向，管中的那些虚线表示流体流过节流器前后的情形。

从图 1 上可以看出，在节流器前的流体，成为许多条很稳定的流线向前流动着；但流到节流器附近时，由于通道突然变小，把原来很稳定的流线状态打乱了。因为流体是连续不断地流动着，这样就使得流到节流器处的流体，不能因为孔道变小了而停留下来不流过去。既然要全部从这个较小的通道流过去，只有速度加快一些才行。也就是说：流体在节流器处的流速，比在节流器前的流速一定要大。流体通过节流器后，由于通道突然变大，有些流体立刻向外冲出而造成涡流，但流过一段路程后，所有流体又形成许多条稳定的流线向前流去。

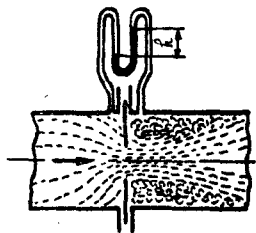


图1 节流现象

现在我们来研究一下流体在节流器处的情形：当流体在节流器处的速度变大时，它的压力就随着减小，发生这种现象的原因是流体的一部分位能转变成了动能，因此，在节流器后的压力一定比在节流器前的压力小些。也就是说，在节流器前后产生了压力降落，通常把这个压力降落简称为压差。

现在我们来研究一下流体在节流器处的情形：当流体在节流器处的速度变大时，它的压力就随着减小，发生这种现象的原因是流体的一部分位能转变成了动能，因此，在节流器后的压力一定比在节流器前的压力小些。也就是说，在节流器前后产生了压力降落，通常把这个压力降落简称为压差。

上面所说的压差还可以用试验来证明，假如在 U 型管差压计的玻璃管内充入一些重度比流体大的液体，我们就可以看到 U 型管内所装的液体不在同一水平面上，在节流器前的管内要比节流器后的要低一些。

根据实验（也可用流体力学的公式来证明）的结果：压差的大小是和流量有密切关系的，即流量大时，压差就大；流量小时，压差就小。所以我们就利用这种节流现象的原理来设计压差式的流量表了。

第四节 节流器的型式

根据构造形式的不同，节流器可分细腰管（又叫文丘里管）、喷嘴、孔板（又叫节流板）三种。它们的标准型式如图2、图3和图4所示。

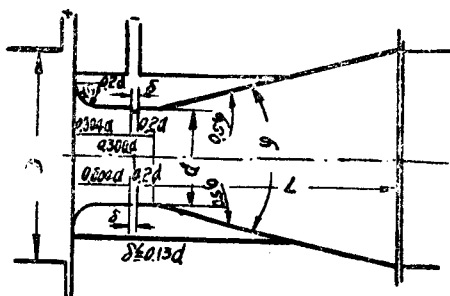


图2 标准细腰管

虽然节流器在型式上不同，但原理都是一样的。如图2中细腰管的型式和图1中最外两条流线的形式是非常近似的，故用它来作为节流器时，流体就不会在节流器的前后造成许多涡

流，不会白白地消耗了流体中的一部分能量，所以经过细腰管以后的压力损失是很小的。如果从细腰管最狭小的地方起，把后面渐渐扩大的部分切去，就变成了一个喷嘴（图3）。流体在喷嘴前面虽没有涡流现象，但在喷嘴后面的涡流现象还是不能避免的，所以流体经过喷嘴以后的压力损失比细腰管稍大。如再把细腰管以前渐渐收缩的那一部分也切去，就成了一个孔板（图4）。由于流体在孔板前后都有涡流现象，所以流体经过它以后的压力损失比起细腰管和喷嘴

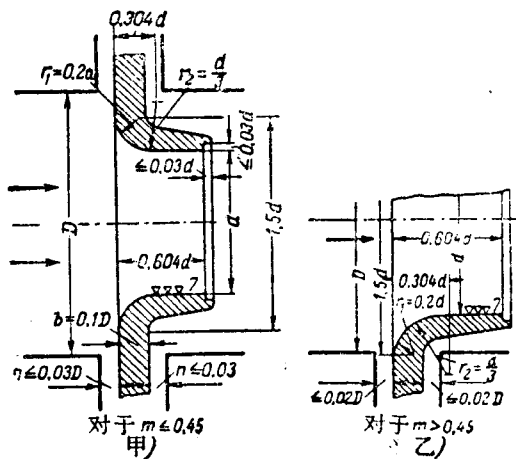


图3 标准喷嘴

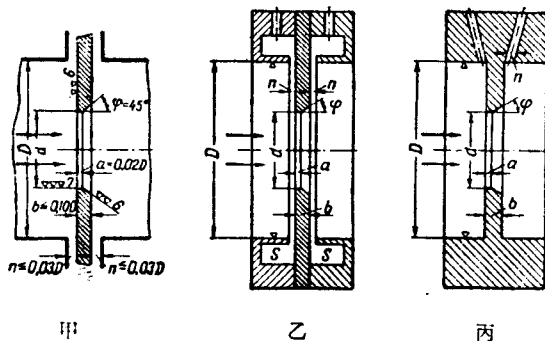


图4 标准孔板

甲—孔板的横切面；

乙—利用环室夹盘獲得压差的横切面；

丙—利用单独鑽孔獲得压差的横切面。

都要大得多，而且孔板易于變形。

从制造方面來說，細腰管是相当长的，內部表面又是一个特殊的曲面，故在制造上是很复杂的，不但浪費人力物力，而且还不容易保持內部表面完全平滑和符合理論上的要求。孔板的制造方法很簡單，只要按照标准的尺寸把表面車鑿得光滑就行了。噴嘴的制造情况則居于二者之間。

由此可見，細腰管和噴嘴虽然有一些优点，但它們的成本較高，所以一般都是用孔板来作为压差式流量表的节流器。

第二章 流量表的构造原理

第一节 苏联制純机械式浮子型流量表

苏联制的完全利用机械来傳动的 $\Delta\Pi$ 式浮子型流量表有好几种型式，每一种型号的用途和內部机构可參閱表 1 中的說明。

純机械式浮子型流量表的內部机构和用途 表 1

型 号	仪表的名称和机构部分
$\Delta\Pi-280$	指示机构
$\Delta\Pi-281$	指示机构，积算机构
$\Delta\Pi-278$	指示机构，电气接點的设备
$\Delta\Pi\Pi-280$	指示机构，气力的發信器
$\Delta\Pi-410$	記錄机构，时鐘
$\Delta\Pi-610$	記錄机构，同期电动机
$\Delta\Pi-612$	記錄机构，同期电动机，积算机构

續表

型 号	儀表的名稱和机构部分
ДП-420	記錄机构，时鐘，附加溫度的記錄机构
ДП-620	記錄机构，同期电动机，附加溫度的記錄机构
ДП-322	記錄机构，同期电动机，积算机构，附加溫度的記錄机构
ДП-430	記錄机构，时鐘，附加压力的記錄机构
ДП-630	記錄机构，同期电动机，附加压力的記錄机构
ДП-632	記錄机构，同期电动机，积算机构，附加压力記錄机构

現在把各部分机构的构造原理分述如下：

一、測量机构

測量机构就是差压部分，它是一个U型管差压計的變形，用来測量节流器处所产生的压差数值。它能不断地把被测处的压差變化情况，也就是流量的變化情况，傳到指示机构或記錄机构上去。ДП式浮子型机械差压計的内部构造如图5甲所示。在浮子容器1内的水銀面上漂浮着一个鋼制的浮子3，用鉸鏈式联結的槓桿4固定在軸5上，它是装在带有格蘭密封联軸器6的内部。軸5的另一端从浮子容器中伸出到儀表外壳的内部。由一根联通小管将“可更換容器”（又称低压容器）2与浮子容器1联合成为一个U型管，在联通管的中間設有塞子11，用来放出水銀。在浮子容器的蓋上有开孔，用来注入水銀，这个开孔用塞子10封住。在浮子3下装有安全閥12以防止水銀（在发生不正常的情况时）被冲出。浮子容器1的上面有蓋子，是用六根螺絲来擰紧的，它可供160公斤/平方公分以下的压力之用。在蓋子的中心上設有螺絲孔，当运输或保存的时候，应在此孔内擰入一根长棍，使浮子3压到容器的底部，以保护机件不受損

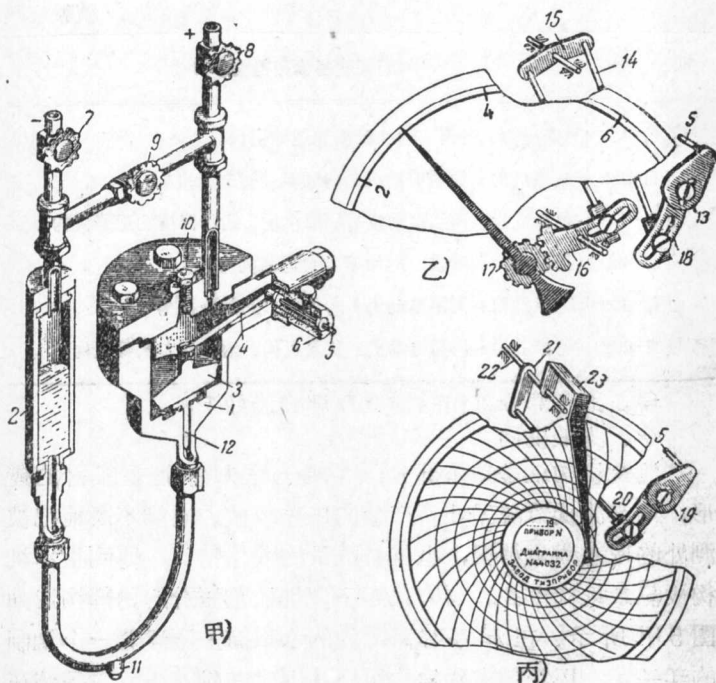


图5 ДП式浮子型机械差压计

甲—ДП式差压计的剖视图；

乙—ДП式差压计的指示机构联动结构图；

丙—ДП式差压计的自动记录机构联动结构图。

坏。当仪表开始使用时，应取下长棍而只挿入短的塞子(10)。

在浮子容器1的盖子上固定有一个水准器，以便在安装时易于找正。在浮子容器1及更換容器2的上面接有傳导压力的管子，在此管上端装有通气管头，它是由两个开关用的閥門7和8以及一个平衡門9組成的。

浮子容器1固定在鉄制的基座(图中未画出)上，一端

固定在外壳（图中未画出）上，这个外壳也是儀表的机构之一。外壳装在設有小鎖的盖子內，在基座上安装有油壺，以便向格蘭密封联轴器中灌油。

二、指示机构

指示机构的动作原理可用图 5 乙来说明：槓桿 13 的一端固定在从測量机构內伸出来的軸 5 上，另一端（即可以自由摆动的一端）还固定有一个可以調整的槓桿 18 上。拉桿 14 的一端固定在槓桿 18 的滑槽內，另一端則連接在搖动槓桿 15 上。搖动槓桿 15 的另一端也有一根拉桿連接在扇形齿輪 16 的滑槽內，在小齿輪 17 的軸上装有指針，它是和扇形齿輪 16 互相咬合着的。

从图中就可看出上述机构的傳动关系如后：当軸 5 由于測量处的压差改變而发生偏轉时，槓桿 13 和 18 也跟着轉动起来，經拉桿 14 的傳动，就使搖动槓桿 15 沿着它自己的軸而轉动，同时使扇形齿輪 16 发生旋轉，而带动小齿輪使指針相应地偏轉。根据指針指着刻度盘上的数字就可以看出被測流量的大小。

三、自动記錄机构

图 5 丙中所示为自动記錄机构的簡略說明图。在軸 5 的前端固定有一根槓桿 19，在此槓桿的另一端又套上一个可以調整的槓桿。它的滑槽和支桿 21 之間由拉桿 20 連接起来。支桿 21 是固定在軸 22 上，在此軸上装有 Π 形橋架 23，軸 22 和 Π 形橋架都安在一个扇形板的上面。 Π 形橋架的一端固定有一根笔桿，在笔桿的尖端装有可以添注墨水的記錄笔尖。

根据“指示机构”中所述的原理，我們很容易看出自动記錄的动作情况，当流体通过节流器的流量发生變化时，軸

5 就相应地发生偏轉，再經上述一系列地傳动而使笔尖发生偏轉。这样，就可将流量的数字自动記錄在圓形的記錄圖紙上。此圖紙套在一根圖紙支柱上，而用一个梢子压住。利用鐘錶装置使圖紙以一定的速度轉动（ДП-410 儀表），或者利用同期电动机（ДП-610 与 ДП-612 的儀表等）来使圖紙轉动。此同期电动机的額定电压为 127 伏，最大容量为 12 伏安，使用 50 周波的交流电源。

四、积算机构

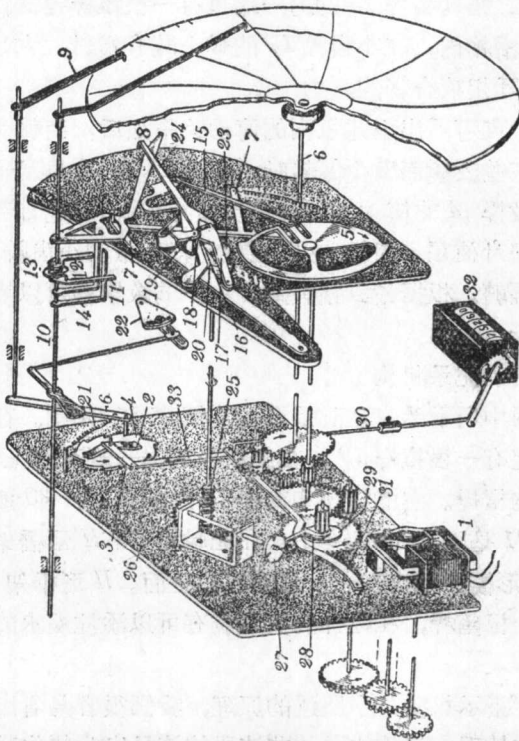


图6 积算机构的联动系统图

积算机构是用来积算一定时间内的流量，积算的结果可以从计数器上读取。图6所示的是ДП-612型的积算机构，同期电动机1经过数套齿轮组的传动装置把转速减低，使引导盘5的转速每分钟为4转。引导盘旋转时，可传动拉桿15，特殊形的槓桿16和三头槓桿17等。当槓桿16向上移动时，三头槓桿17的尖端就顶住了彎曲槓桿24的齿而使它向上，此时槓桿16的凹处恰好顶着升降架20的突起部分而随着抬起。因升降架20的切口内装有三头槓桿17上的梢釘19，所以在抬起升降架20的时候，同时也抬起了三头槓桿17，因此它的齿尖就可伸进彎曲槓桿24的齿槽18内。

槓桿16升到一定高度时又开始下降，就强迫三头槓桿17与彎曲槓桿24向左转动。止动桿7与固定在引导盘5上的梢釘脱离而向它原来的位置上移动，致使它上端的小突起把样板8卡住。此时样板既被卡住，流量虽有变化也不会影响到积算器的正确动作。

当流体通过节流器发生变化时，图5甲中的轴5就要发生旋转，也就是使图6中的槓桿22发生了转动。这个动作经拉桿和槓桿传到带有记录笔尖的轴10上。当轴10旋转时，就使固定在它上面的推桿14也旋转同样的角度。同时使凸桿11或12偏转成一个与流量变化成比例的角度，因为凸桿是很松的套在轴10上。在凸桿上焊有游絲13，支桿14可以改变游絲13的松紧。当引导盘5转动半圈后，止动桿7上的小突起便松开了样板8。由于游絲13的作用把样板拉到新的位置，在这一瞬间又可测量出新的流量。

当彎曲槓桿24触及样板8的时候，三头槓桿17上的齿尖便与彎曲槓桿24上的齿槽18离开了，而彎曲槓桿24也就停止不动。同时三头槓桿17上的梢釘19松开了升降架

20，此架由于重力的作用而落下，迫使摩擦盘 23 接触到引导盘 5 上（因摩擦盘 23 的轴是固定在升降架 20 上的原故）。当摩擦盘 23 与引导盘 5 相互接触而使之开始旋转时，如被测量处的流量愈多，弯曲槓桿 24 转动的角度就愈小，因而摩擦盘 23 与引导盘 5 一齐旋转的时间就愈多；当流量为零时，弯曲槓桿 24 与三头槓桿 17 共同转动而不触及样板 8，因而摩擦盘也不会转动了。

流量的积算是由摩擦盘转动的角度（或转动的圈数）来决定的。积算的方法如后：在摩擦盘的轴上设有带动蜗母輪 26 的蜗桿 25，在蜗母輪 26 的轴上装有一个三片斜面叶片形的叶輪 27，蜗母輪和蜗桿之间的传动比恰好为 30，也就是摩擦盘转 10 圈时叶輪 27 仅转 $1/3$ 圈。叶輪 27 的叶片被掣子 28 的尾尖所顶住，这个掣子的轴是装在传动凸輪 29 上的，而传动凸輪 29 是很自由地套装在两个齿輪的轴上，这两个齿輪是由同期电动机来转动的，它的转速是永远不变的。

因掣子 28 利用一根弹簧拉力紧靠在叶輪 27 的叶片上，每当叶輪 27 旋转到使掣子的尾尖落在叶輪 27 的切口时，掣子的齿尖便和一个齿輪相咬合着，于是传动凸輪 29 便开始迴轉一周而重返原位。传导槓桿 30 的一端有一根梢釘靠在传动凸輪 29 的外沿上滑动着，而在另一端则联着拉桿 31。此拉桿的另一端则固定在計数器 32 的槓桿上。

計数器 32 是由五个刻有十个数字的小輪组成的，在它的圆周上有十个齿，按照下面的方法转动：当传动凸輪 29 转动时，便慢慢地把传动槓桿 30 抬起，並传动拉桿 31 和計数器的槓桿。当传动凸輪 29 外周上的缺口恰转过固定在传导槓桿 30 上的梢釘处时，計数器的槓桿就很快地落了下来。此时拉桿 31 受小錘的重力就强迫个位数的小輪旋转十分之