

气动测量尺寸的自动化

(苏)H0·Г·高罗杰茨基著

中国工业出版社

气动测量尺寸的自动化

〔苏〕Ю·Г·高罗杰茨基著

刘则振 敦家麟 史致安 合译
姜 雯 胥士农 朱惠英

中国工业出版社

本书比較系統地敘述了尺寸的气动測量方法。从气动量儀的類型，各種傳送器、測量頭、壓力穩定器和濾清器，一直到气动測量的自動化，檢驗機的調整和檢查等，都作了具體介紹，內容比較全面。

本書主要供機械製造廠的檢驗人員閱讀，亦可供設計製造人員參考。

Ю. Г. Городецкий
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРОВ**
МАШГИЗ 1956

* * *

气动測量尺寸的自動化

劉則振 敦家麟 史致安 合譯
姜 雯 胥士农 朱惠英

機械工業圖書編輯部編輯（北京蘇州胡同141號）

中國工業出版社出版（北京佟麟閣路丙10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110號）

中國工業出版社第二印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行，各地新華書店經售

*

開本 $850 \times 1168 \frac{1}{2}$ • 印張 $5 \frac{3}{4}$ • 字數145,000

1964年4月北京第一版 • 1964年4月北京第一次印刷

印數0001—4,640 • 定價（科六）0.90元

*

統一書號：15165 • 3063（一機-653）

目 次

緒言

第一章 气动量仪的类型与结构	3
1. 量仪类型	3
2. 气动测量方法的运用	4
3. 带压力表的低压量仪	6
4. 带压力計的高压量仪	12
带标准压力計的量仪	12
带专用压力計的量仪	15
5. 带流量表的量仪(气动长度計)	21
6. 輻射热計式量仪	26
第二章 气动測量自动化中的各种傳送器	30
1. 傳送器的型式概述	30
2. 气动电傳送器(非差动式)	32
液体傳送器	32
鼓膜傳送器	35
浮子傳送器	37
3. 差动式电接触气动傳送器	39
差动式鼓膜傳送器	39
差动式水銀傳送器	41
带管状皺折彈簧的差动式傳送器	45
4. 气动电傳送器的檢查	52
5. 气动电傳送器的比較特性	59
第三章 計算气动測量系統的方法	62
1. 計算低压量仪的方法	62
2. 計算高压量仪的方法	70
3. 气动測量系統的作图計算法	75
4. 計算差动气动測量系統的方法	83
用作图法計算差动气动測量系統的示例	87

第四章 气动测量头	92
1. 直接测量小孔用的气动测量头	93
2. 气动测量塞规	94
3. 工件外径的检查	102
4. 气动量塞	105
5. 用于特殊测量工作的气动测量头	109
第五章 自动检验机中压力的稳定和空气的滤清	117
1. 自动检验机所用压缩空气的输送	117
2. 空气的滤清	119
3. 空气压力的稳定	122
4. 稳定器的检查	126
第六章 气动测量的自动化	128
1. 单读数自动检验机	128
金属带厚度自动检验机	128
钢珠自动分类机	129
2. 多读数自动检验机	131
滚柱自动分类机	131
活塞自动检验机	134
滚珠轴承圈自动分类机	143
3. 在机床上加工时检查工件尺寸的量仪	147
4. 轧制过程中用的检查量仪	153
第七章 气动自动检验机的调整和检查	157
1. 检查气动系统的安装质量	157
2. 选择气动系统的灵敏度	159
3. 刻制输送器的刻度盘	163
4. 气动自动检验机的检查	165
5. 评定多级自动分类的精度	169
6. 调整用的工具	176
参考文献	180

緒 言

約在三十年前，苏联及其他一些国家就已开始采用气动测量尺寸的方法。气动测量尺寸的方法不仅可以实现不接触测量，而且还提供了进行精密测孔的可能性。尽管那些最初的气动量仪在构造上是不够完善，但仍然达到了很高的傳动比，可以使刻度盘的刻度值达到0.2微米。同时，在气动测量的自动化方面，也取得了良好的結果。因此，在三十年代的初期，許多机械制造厂就曾經推行过气动测量法，但由于当时計算、設計和調整气动测量工具用的原始資料不足，而往往造成不良的結果。因此推行气动量仪的工作也就大大地减少了。推行气动量仪的工作之所以大大减少，还因为“紅色工具制造者”工厂和“量規”工厂制成了許多种机械式量仪，其中有的刻度值达到1~2微米。

气动量仪首先是在一些与生产发动机有关的大型工厂：如利哈乔夫汽車厂、高尔基汽車厂以及航空工业部所属的一些工厂中被广泛采用。在設計和調整气动量規和测量夹具方面，最初的标准就是这些工厂編制的。然而直至目前，采用气动测量法的地方仍然是极为有限，这与其可以被广泛应用的可能性相比，是很不相称的。

由于对自动檢驗装置提出了更高的新的要求，就使得发展气动测量法方面的工作成为更加必要的了。不接触的精确气动测量的可能性和在其自动化方面的初步試驗中的一些較成功的結果，就使得我們可以預計，制造度量指标較高的自动檢驗机是可能的。

另一方面，由于在生产中迅速地开展着綜合的机械化和自动化，于是就給計量工作者提出了一个新問題，而这个新問題却又

不是那些已知的通常方法所能解决的。

因此，将过去研究得很不够的气动测量法及其自动化的方法等加以研究解决就成为刻不容缓的事了。

为此，要求对气动测量工具的各个部件进行研究，了解气动测量系统各参数之间的基本关系和寻找气动测量方法的新的潜力。

在研究气动测量法的第一阶段中，曾同时研究并制定了低压量仪、高压量仪以及带流量指示器的量仪的自动化的方法。后来发现高压量仪具有一系列的优点，因此，也就确定了今后的工作方向。所以，在本书中也把重点放在高压量仪及其自动化的方法上面。

第一章 气动量仪的类型与结构

1. 量仪类型

测量尺寸用的气动量仪是利用孔(或間隙)的尺寸和从其中通过的压缩空气的流量之間的关系来测量的。

通过小孔(間隙)的压缩空气流量 G 是气压表压力 P 和孔或間隙的面积 f 的函数:

$$G = \varphi(P; f).$$

气动测量系统中空气的流量是用气体流量计测量的。为了使气体流量计上的讀数仅与被检查孔的尺寸有关,必須使送入量仪中的空气压力保持恒定。压力的恒定是用稳定器来保证的。

根据量仪的用途,应給它配备上一定的气动测量头^①,这些测量头的结构应保证使空气泄出的間隙大小与被测量尺寸的偏差(决定着量仪的讀数)之間具有一定的关系。

这样看来,每个气动量仪都由三个主要部分组成,即压力稳定器、气体流量计及气动测量头。

压缩空气先由管路送入压力稳定器,然后在恒定的压力下經流量计进入测量头。

在本书内我們規定把送往量仪稳定器的表压称为管路压力;稳定器所保证的恒定表压称为工作压力;在测量头中的表压則称为测量压力。

气动量仪的类型决定于流量计的构造和工作原理。

按照测定空气流量的方法,气动量仪可分为两大类:

第1类是反应出压力变化的量仪;

① 气动测量头是指与气动量仪相連接并装有测量嘴或汽門(如:气动塞規、环規、量塞等)的各种测量工具。

第2类是反应出气流速度变化的量仪。

根据工作压力的大小，第一类量仪又可分为低压量仪（工作压力在0.12公斤/厘米²以下）和高压量仪（工作压力在0.5~2公斤/厘米²范围内）两种。

工作压力在一定程度上能决定感应元件的类型及量仪的结构。

在低压量仪中采用液体和鼓膜作为感应元件。

在高压量仪中采用弯管状弹簧及波纹管状弹簧（弹簧箱）并在专用的差动压力计中采用液体——水银或水——作为感应元件。近来，在差动压力计内，开始趋向于优先采用波纹管状弹簧。在目视检查和自动化检查方面，采用比普通（非差动式的）量仪和传送器具有更大通用性和更高度量指标的差动式气动量仪和传送器，就能显著地扩大气动测量的使用范围，并能制造用于复杂检验工序的多读数气动自动检验机。使用气动差动量仪可以进行差动测量。进行差动测量时，量仪能直接指示出同时测量的两个尺寸之间的差数（例如：测定椭圆度时长轴和短轴间的差数）。此外，使用气动差动量仪还能进行精度较高的简单测量。

在反应气流速度变化的量仪中，采用流量指示器（转子流量计）和电流加热线（辐射热测量计）作为感应元件。

2. 气动测量方法的运用

欲判断采用气动测量方法是否合理，必须在每一具体条件下，以比较各种测量法的技术经济指标的结果作为根据。同时，还应该考虑到气动测量法所具有的下列几种特点，这些特点在很大程度上决定着合理使用这种方法的范围。

1) 可以进行不接触测量（不接触测量法广泛地用于测量容易损坏和容易变形的工件，这种测量法能保证气动测量头的高度耐磨性）；

2) 可以获得精度较高的大传动比（从气动量仪的刻度盘上可

以讀出的精度一般达0.1微米，而且已知有刻度值为0.05微米的气动量仪)；

3) 可以使讀数部分和测量部分分开(如在气动式鋼帶量仪中，两部分的距离达到6~8米)；

4) 可以测量难以测到的部位(直径1.5毫米以上的孔和間隙)；

5) 可以取得所测尺寸的平均值(确定变动的尺寸間的平均值)；

6) 可以利用气动的方式进行計算(确定尺寸之和、差及算术平均值等，参看图1的各个示意图)；

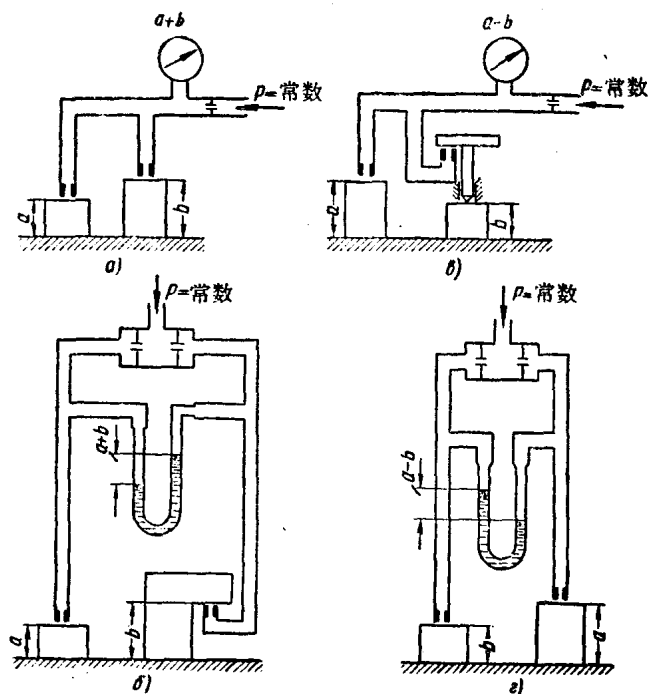


图1 气动测量尺寸偏差之和及差的示意图

a—用非差动法测量尺寸偏差之和的示意图；b—用差动法测量尺寸偏差之和的示意图；c—用非差动法测量尺寸偏差之差的示意图；d—用差动法测量尺寸偏差之差的示意图。

7) 可以用大的傳动比記錄測量結果（在气动記錄量儀中實際上已經實現了的傳动比達到25,000）；

8) 可以比較簡單而又可靠地將檢驗過程自動化。

採用气动量儀檢驗測量過程中變動的尺寸時，必須考慮到這樣一種情況，即由於气动量儀具有慣性，所以不能指示出尺寸的極限偏差。

鑑於气动量儀比杠桿式機械量儀要複雜得多，所以只有當利用气动測量方法的各種特點能大大簡化測量工作，並能达到必要的精度時，使用這種量儀才合理。否則，採用气动測量法是不恰當的，而且气动量儀也不及比較簡單、方便、而又便宜的機械量儀。

气动測量法的主要應用範圍是進行不接觸測量、測量難以測到的部位（如測量直徑甚小的孔）及測量尺寸之和或尺寸之差（如檢查橢圓零件的平均直徑、差動測量橢圓度和錐度等）。

3. 帶壓力表的低壓量儀

帶水壓表的低壓量儀是最初的測量尺寸用的气动量儀。

這種量儀是以流量表式的气体流量計為基礎，再接上一個水壓穩定器而構成的。

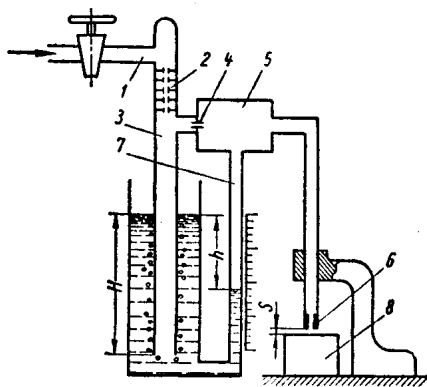


圖 2 低壓的气动量儀示意圖

低壓量儀(圖 2)使用了 300~1200 毫米水柱高 H 的壓力。用水壓穩定器保證壓力的穩定。工作壓力 500 毫米水柱高的量儀採用得最普遍。

壓縮空氣由空氣壓縮機或工廠的壓縮空氣管路送入管子 1 內，然後再通過節氣閥 2，節氣閥能限制進入量

仪的空气量。不論所引入空气的压力有多大，在管子3内就变成相当于水柱高 H 的稳定压力，而多余的空气則通过管子3下端的开口逸出。空气由管子3的上部經进气嘴4中校正过的孔流入气室5内，而气室5則通过軟管与測量嘴6相联结。

測量嘴6与被檢驗零件8的表面之間間隙 S 随零件尺寸的不同而改变。測量間隙的每一个数值都和經過測量嘴流出的一定的空气流量，以及气压表7上的某一个压力相对应。压力表7与进气嘴4共同組成一个按气压降測量空气流量的流量計。

据現在所知，已經有“量規”工厂、利哈乔夫汽車厂、高尔基汽車厂及其他机关設計的很多种結構不同的这一类型量仪。

在苏联各工厂中采用最广泛的是“量規”工厂所設計的量仪(图3)。压縮空气先送入管接头1中，然后再經過节气閥2。节气閥2由5个节气嘴組成，这五个节气嘴装在一个套管内，并用一个带中心孔的螺釘固定。

工作压力恆定的空气沿着钻孔进入气室3中，由这里再經過可換进气嘴4进到压力表6的管子上端和管接头5处。用橡胶軟管把这个管接头与气动測量头联结。

压力表管子的旁边装有一个固定的以毫米分度的刻度盘8和一个可換的以微米分度的刻度盘7。

图4所示是利哈乔夫汽車厂所設計的量仪。

在这个量仪中空气由下部导入和排出，这样既可提高量仪的稳定性，而且使用起来也較方便。

空气先送至管接头1上，然后經過垂直的管子2通向节气嘴3，再进入压力稳定器的管子4内。以后，空气进入进气嘴5，并沿着垂直的管子6通向固定在量仪底座的出气管接头7。

量仪的空气导管各联接处应保持密閉。空气通过进气嘴后，即使发生极小的漏气也会造成很大的誤差。

保持量仪气动系統所有联结处密封的方法是在螺釘、螺塞和管接头下垫放铝质或铜质密封垫。外壳零件的法兰盘下則垫上橡

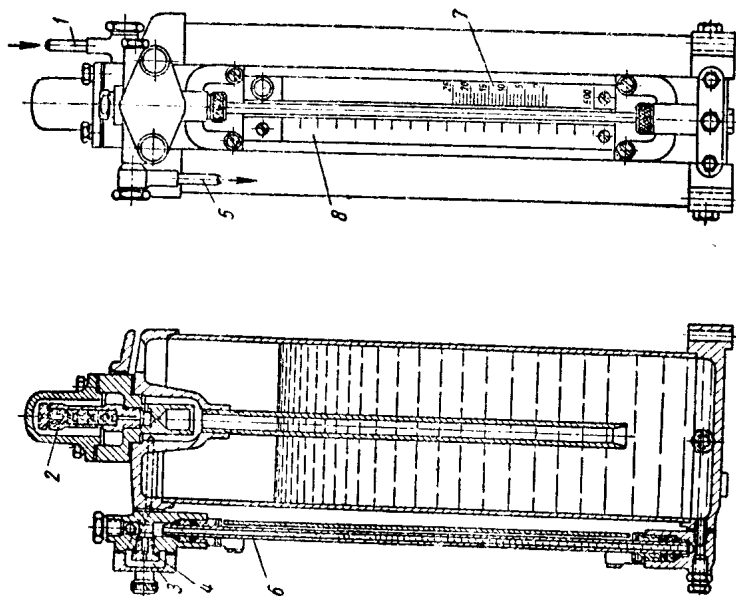


图3 “量规”工厂设计的低压量仪示意图

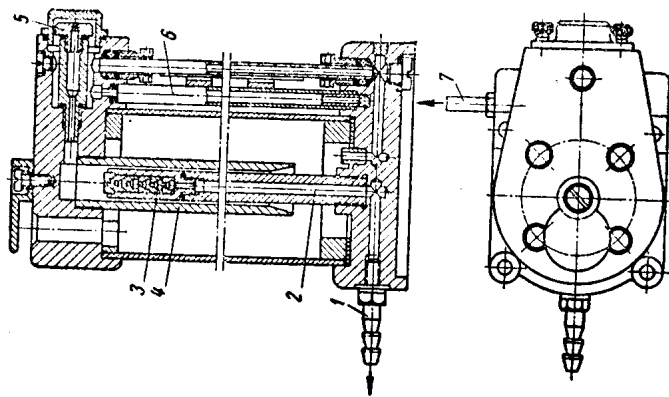


图4 利哈乔夫汽车厂设计的低压量仪示意图

胶垫。

气压表玻璃管則用带橡皮衬套的封严圈来保持密封。橡胶軟管与量仪管接头以及气动测量头联接时也用类似的方法，为此，軟管上应装有专用接头。

为防止量仪生銹，整个量仪需用青銅、黃銅、鋁合金或用热鍍法鍍鋅的鑄鉄制造。

上述类型的量仪，有的带一根气压表管，有的带两根互不相关的气压表管。带两根气压表管的量仪能同时测量两个尺寸。

要使量仪开动，就必须有压缩空气，压缩空气可以由工厂压缩空气管路中接出或由功率为0.1~0.2千瓦的小型空气压缩机来供給。

量仪能否正常工作，在很大程度上取决于进入量仪的空气量。空气量太少时，則会使工作压力降低，因此也就使测量讀数产生很大的誤差。压力稳定器中沒有水沸腾的响声时就表示空气量不足。压力稳定器中气泡稀少时也表示空气量不足。

相反的，如进入量仪的空气太多，也会对量仪的工作产生不良影响，引起压力稳定器內水的剧烈沸腾，使得压力表內水位变动。这时，水就会在压力稳定器內飞溅并急剧地蒸发，因此就得經常地檢查量仪中的水位，并随着水的蒸发加水。

使用工作压力为 500 毫米水柱高的量仪的經驗証明，为使量仪的工作正常，通过压力稳定器泄出的空气流量（不算經過气动测量头的流量）不得小于2~2.5升/分。

实际上，經過稳定器泄出的空气量总是比上述数值大得多，因为量仪的进气嘴是可換零件，而节气閥是根据保証足够的空气流量經過一套标准气嘴中的最大进气嘴（孔徑1.05毫米的进气嘴）而計算的。当安装了較小的进气嘴时，通过进气嘴孔的空气量就会减小，但是經過压力稳定器泄出的空气流量却增加了。增减的数量是相等的。

因为經過孔徑 1 毫米的进气嘴的空气量，当压力差为 500 毫

米水柱高时，約等于4.3升/分，所以一个量仪的正常空气流量約等于6.5升/分。

进入量仪的空气量五个可换节气嘴調整。节气嘴的孔徑根据接入量仪的空气管路中的压力选择。用一个节气嘴来代替五个节气嘴是不合理的，因为这样就需要安装一个孔徑极小的节气嘴，这样小的孔是很易堵塞的，并且是造成量仪指示錯誤的原因。

現在，一般都采用直徑分別为0.6毫米、0.8毫米和1毫米的三套节气嘴。根据送入量仪的壓縮空气的压力界限，正确选用节气嘴的方法如下：当压力在0.5~1公斤/厘米²的界限內时，采用孔徑1毫米的一套节气嘴；当压力在1~2.5公斤/厘米²的界限內时，采用孔徑0.8毫米的一套节气嘴；当压力在2.5~6公斤/厘米²的界限內时，采用孔徑0.6毫米的一套节气嘴。

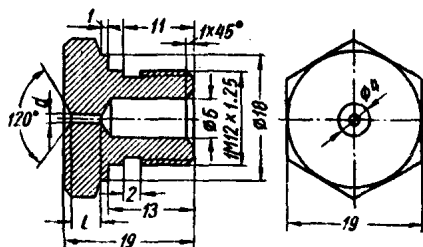


图5 低压量仪的进气嘴

当空气管路內压力变动范围很大时，应该按最小压力选择节气嘴。如果压力的变动超过压力上限50%时，則应在通入量仪以前的管路上安装一个机械压力稳定器。

进气嘴(图5)是确定量仪度量指标的主要零件之一。

表1內列举的是最常用的进气嘴的主要尺寸。檢查进气嘴时最好按空气流量进行檢查。下面将列举出与此类进气嘴一起使用

表1 低压量仪进气嘴的主要尺寸

孔 徑 (毫米)	0.35	0.65	0.85	1.05	1.45	1.75
校正孔的直徑(毫米)	1	5	5	6	6	6
傳送压力为500(毫米)水柱高时空气的流量(升/分)	0.4	0.7	3.0	4.3	8.6	13.2

的气动测量装置的主要尺寸。

利哈乔夫汽车厂和高尔基汽车厂内甚至采用可调整的进气嘴(图6)。这种进气嘴上的孔是用带锥形尾部的螺钉调整的。为使螺钉稳定在调整好的位置上,螺纹应按紧配合制造。当螺纹间具有公盈时,为使螺钉便于拧入,其螺纹部分应做出一深槽。

可调整的进气嘴应用不广,因为它有许多缺点,即由于环形间隙宽度约为 $0.02 \sim 0.1$ 毫米,所以进气嘴经常被堵塞,每当安装一次进气嘴时,就必须将刻度盘重新刻度一次。

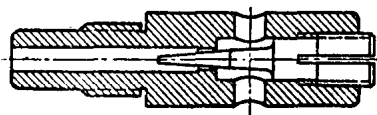


图6 可调整的进气嘴

在许多工厂内,采用的气动量仪,其压力稳定器和测量部分(气压表部分)制成了单独的部件。

图7表示的即是此种压力稳定器。它的外廓尺寸不大,同时结构很简单。在稳定器圆柱形壁1上开有一窗口2,其上刻有稳定器内充水的水位记号。节气阀3为一锥形活门,它能调节流进量仪的空气量。所以,必须装有这一个活门,是因为一个稳定器上要联接数个(可达16个)量仪,因而就得在很大的范围内调整空

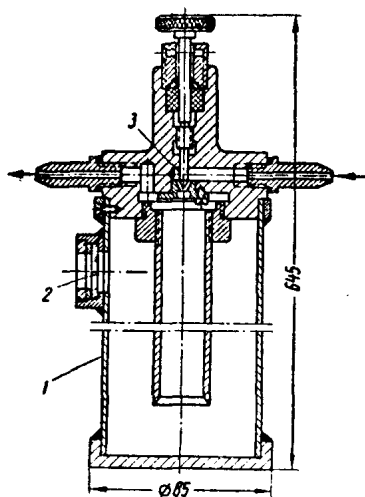


图7 水柱压力稳定器

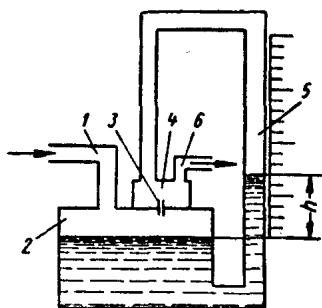


图8 无稳定器的低压量仪的示意图

气的流量。图 8 所示即是装有这种压力稳定器的量仪的示意图。空气由压力稳定器流向注水的密闭壳体 2 的接管嘴 1 中，再由壳体 2 经过进气嘴 3 进入气室 4，气室与气压表管的上端连通。此外，还有一个接管嘴 6 由气室通出，这个接管嘴与普通型式的气动测量头相连接。管子 5 内的水位表示工作压力与测量压力之间的差数。如同在标准式样的量仪内一样。

采用由一个总压力稳定器带动工作的气动量仪具有很多优点：能降低量仪的成本；减少压缩空气的消耗；提高量仪读数的稳定性（因为在压力计的宽弯管内水不沸腾）；缩小量仪的外廓尺寸及其重量；提高量仪的稳度。

用一个稳定器带动三个以上量仪工作时，采用这种型式的量仪才是合理的，否则这种量仪比一般量仪优越之处就显得微不足道了。

4. 带压力计的高压量仪

带标准压力计的量仪

带标准压力计（带弯曲管状弹簧）的量仪是 30 年代出现的第一批高压气动量仪。

此类量仪通常制成两个单独的部件：一个部件是由滤清器和压力稳定器组成的，另一部件则由进气嘴、压力计及气动测量头组成的测量部件。

带压力计的高压量仪的原理如图 9 所示。空气由管路进入滤清器 1，然后顺序通过两个压力稳定器 2 和 3，最后，在出口滤清器 4 内经过最终滤清。过滤好的空气在稳定的压力下通往进气嘴 5，然后流向气动测量塞规 7 或其他类型的气动测量头。测量尺寸由压力计 6 的刻度盘上读出。

量仪的度量参数取决于气动测量头的结构和型式、进气嘴的尺寸以及压力计的灵敏度。工业上采用的高压气动量仪的主要度