

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01F 15/00 G01F 15/06

G01F 1/05 G01F 1/12

G01F 1/10 G01F 1/08



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98803477.8

[45] 授权公告日 2003 年 1 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1097723C

[22] 申请日 1998.1.21 [21] 申请号 98803477.8

[30] 优先权

[32] 1997.1.24 [33] US [31] 08/780,867

[86] 国际申请 PCT/US98/01162 1998.1.21

[87] 国际公布 WO98/33043 英 1998.7.30

[85] 进入国家阶段日期 1999.9.20

[73] 专利权人 美国仪表公司

地址 美国宾夕法尼亚

[72] 发明人 斯奇亚博·威廉姆·M

[56] 参考文献

US - 5325729A 1994. 7. 5 G01F1/115

US5689071A 1997.11.18 G01F1/12

审查员 孙世新

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

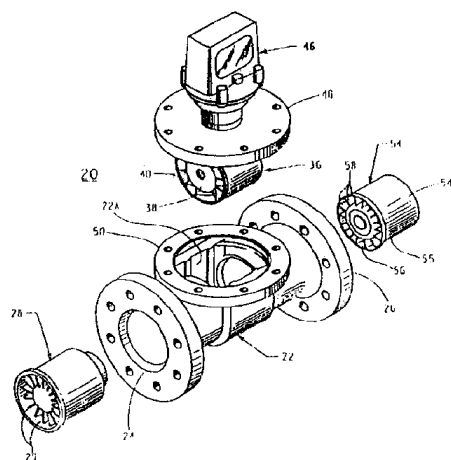
代理人 高存秀

权利要求书 14 页 说明书 33 页 附图 20 页

[54] 发明名称 涡轮气量计

[57] 摘要

涡轮气量计包括一测量筒,该测量筒有一测量转子和一参考转子,测量转子以大致正比于气体流过涡轮气量计的速度的转动速率在一个方向转动,而安装在测量转子下游的参考转子则在与测量转子相反的方向转动。在测量转子上游的一进气整流器使气体在涡轮气量计中基本上沿轴向流动,安装在测量转子和参考转子之间的一参考整流器也使气体在涡轮计中基本上沿轴向流动。根据测量信号被参考信号除的商,信号处理器提供涡轮气量计的精度指示,测量信号正比于测量转子的转动速率,参考信号正比于参考转子的转运速率。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权利要求书

1. 一种涡轮气量计测量在其内流过的气流量，该气量计包括：

(a) 一限定气体流程的筒形细长壳，所述壳有一入口，一中心轴线和一出口；其特征在于，还包括：

(b) 一进气整流器被安装在所述流动路径中靠近所述入口，以形成一恒定面积通道，该通道使来自所述入口的气体在所述壳中基本上沿轴向流动；

(c) 一测量筒被安装在所述进气整流器的下游并与其毗邻，还包括一测量转子绕所述壳的轴线转动；所述测量转子上以一定桨角装有一些涡轮叶片，这些叶片使测量转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速，在相对于所述壳轴线的一个方向转动；

(d) 一参考整流器被安装在所述壳内所述测量转子下游，以形成一具有恒定面积的通道，该通道的面积基本上等于所述入口整流器形成的通道面积，使来自所述测量转子的气体在所述壳中基本上沿轴向流动；

(e) 一参考转子被安装在所述参考整流器的下游并与其毗邻以绕所述壳的轴线转动；所述参考转子以一定桨角装有一些涡轮叶片，这些涡轮叶片使所述参考转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速，在相反于所述测量转子转动方向的方向转动；

(f) 一测量信号发生器响应于所述测量转子以产生正比于所述测量转子转动速率的测量信号；

(g) 一参考信号发生器响应于所述参考转子，以产生正比于所述参考转子转速的参考信号；

(h) 一信号处理器响应于所述测量信号发生器和参考信号发生器，它用于根据测量信号除以参考信号的商提供所述涡轮气量计的精度指示。

2. 根据权利要求1所述的涡轮气量计，其特征在于所述测量信号发生器响应于所述测量转子的所述涡轮叶片，以产生测量信号，而所述参考信号发生器响应于所述参考转子上的所述涡轮叶片，以产生参考信号，并且所述信号处理器产生表示由所述转子叶片转动所产生信号的信号模式。

3. 根据权利要求1所述的涡轮气量计，其特征在于所述参考信号发生器响应于所述参考转子上的所述涡轮叶片转动，以产生参考信号，而所述测量信号发生器响应于所述测量转子上的所述涡轮叶片转动，以产生测量信号，并且所述信号处理器包括一放大器以放大参考信号和测量信号，还包括一隔离器被连接在所述测量信

号发生器和所述参考信号发生器两个信号发生器和所述放大器之间，以使所述测量信号发生器和所述参考信号发生器与放大器隔离开。

4. 根据权利要求 1 所述的涡轮气量计，其特征在于所述信号处理器包括一 K 因子的表示 $K_{\text{测量}}$ ， $K_{\text{测量}}$ 是在涡轮气量计工作条件下对所述测量转子确定的，还包括一 K 因子的表示 $K_{\text{参考}}$ ， $K_{\text{参考}}$ 是在所述涡轮气量计工作条件下对所述参考转子确定的，精度指示也是根据 $K_{\text{参考}}$ 除以 $K_{\text{测量}}$ 的商。

5. 根据权利要求 4 所述的涡轮气量计，其特征在于所述涡轮气量计在其工作条件下校准时的精度表示，精度_{校准}被包含在所述信号处理器中，而精度指示则是由测量信号频率除以参考信号频率的商确定的，这个商乘以 $K_{\text{参考}}$ 被 $K_{\text{测量}}$ 除的商，并乘以精度_{校准}。

6. 根据权利要求 1 所述的涡轮气量计，其特征在于所述信号处理器包括所述涡轮气量计的要求精度表示，并提供所述涡轮气量计的要求精度和指示精度之间差值的量度。

7. 根据权利要求 5 所述的涡轮气量计，其特征在于所述信号处理器包括所述涡轮气量计的要求精度表示，并提供所述涡轮气量计的要求精度和指示精度之间差值的量度。

8. 一种涡轮气量计测量在其内流过的气流量，该气量计包括：

(a) 一种限定气体流程的筒形细长壳，所述壳有一入口、一个中心轴线和一出口；其特征在于，还包括：

(b) 一进气整流器被安装在所述流动路径中靠近所述入口，以形成一具有恒定面积的通道，该通道使来自入口的气体在所述壳中基本上沿轴向流动；

(c) 一测量筒被安装在所述进气整流器的下游并与其毗邻，还包括一测量转子绕所述壳的轴线转动；所述测量转子上以一定桨角装有一些涡轮叶片，这些涡轮叶片使测量转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速，在相对于所述壳轴线的方向转动；

(d) 一参考整流器被安装在所述壳内所述测量转子下游，以形成一具有恒定面积的通道，该通道面积基本上等于由所述入口整流器形成的通道面积，以使来自所述测量转子的气体在所述壳中基本上沿轴向流动；

(e) 一参考转子被安装在所述参考整流器的下游并与其毗邻，以绕所述壳轴线转动；所述参考转子上以一定桨角装有一些轮叶涡片，这些涡轮叶片使所述参考转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速，在相反于所述测量转子转动方向的方向转动；

(f) 一测量信号发生器响应于所述测量转子，以产生具有其频率 $f_{\text{测量}}$ 正比于所述测量转子转速的测量信号；

(g) 一参考信号发生器响应于所述参考转子，产生具有其频率 $f_{\text{参考}}$ 正比于所述参考转子转速的参考信号；

(h) 一信号处理器响应于所述测量信号发生器和所述参考信号发生器，以根据下列公式确定所述涡轮气量计的精度；

$$\left(\frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \cdot \text{精度}_{\text{校准}} \right) \cdot \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}}$$

其中在测量转子和参考转子的工作条件下，

$K_{\text{测量}}$ 是测量转子的 K 因子，

$K_{\text{参考}}$ 是参考转子的 K 因子，

精度_{标准}是在校准期间确定的测量转子机械输出的精度。

9. 根据权利要求 8 所述的涡轮气量计，其特征在于所述信号处理器根据下列公式对精度_{校准}与涡轮计当前的精度进行比较：

$$\text{精度}_{\text{校准}} \left[1 - \frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \cdot \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}} \right]。$$

10. 根据权利要求 9 所述的涡轮气量计，其特征在于信号处理器根据下列公式对精度_{校准}和涡轮计当前精度之间差值与误差极限值进行比较：

$$\left| \text{精度}_{\text{校准}} \left[1 - \frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \cdot \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}} \right] \right| > \text{误差极限}。$$

11. 根据权利要求 8 所述的涡轮气量计，其特征在于所述测量信号发生器响应于所述测量转子的所述涡轮叶片，以产生测量信号，而所述参考信号发生器响应于所述参考转子上的所述涡轮叶片，以产生参考信号，并且所述信号处理器产生表示由所述转子叶片的转动所产生信号模式。

12. 根据权利要求 8 所述的涡轮气量计，其特征在于所述参考信号发生器响应于所述参考转子上的所述涡轮叶片的转动，以产生参考信号，而所述测量信号发生器响应于所述测量转子上的所述涡轮叶片的转动，以产生测量信号，所述信号处理器包括一放大器，以放大参考信号和测量信号，还包括一隔离器被连接在所述测量信号发生器和所述参考信号发生器两个信号发生器与放大器之间，以使所述测量信号发生器和所述参考信号发生器与所述放大器隔离开。

13. 根据权利要求 8 所述的涡轮气量计, 其特征在于所述信号处理器用于确定所述涡轮气量计精度的频率 $f_{\text{测量}}$ 和 $f_{\text{参考}}$ 的数值, 此时是取这些频率测量值的多次采样的平均值。

14. 根据权利要求 8 所述的涡轮气量计, 其特征在于所述信号处理器是一虚拟仪器带有一前面板, 该前面板能显示流过所述涡轮气量计的气体流率, 和所述涡轮气量计的确定精度。

15. 根据权利要求 10 所述的涡轮气量计, 其特征在于所述信号处理器是一虚拟仪器带有一前面板, 所述前面板能显示流过所述涡轮气量计的气体流率, 所述涡轮气量计的确定精度, 精度_{校准}与所述涡轮气量计当前精度的比较结果, 以及所述涡轮气量计的精度_{校准}和当前精度之间的差值与误差极限值的比较结果。

16. 一种涡轮气量计测量在其内流过气流量, 该气量计包括:

(a) 一限定气体流程的筒形细长壳, 所述壳有一入口、一中心轴线和一出口; 其特征在于, 还包括:

(b) 一进气整流器被安装在所述流程中靠近所述入口, 以形成一具有恒定面积的通道, 该通道使来自所述入口的气体在所述壳中基本上沿轴向流动;

(c) 一测量筒被安装在所述进气整流器的下游并与其毗邻, 还包括一测量转子绕所述壳轴线转动; 所述测量转子上以一定桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述测量转子以大致正比于流过所述壳的速度的气体的转速, 在相对于所述壳轴线的方向转动;

(d) 一参考整流器被安装在所述壳内所述测量转子下游, 以形成一具有恒定面积的通道, 所述通道的面积基本上等于由所述入口整流器形成的通道面积, 以使来自所述测量转子的气体在所述壳中基本上沿轴向流动;

(e) 一参考转子被安装在所述参考整流器的下游并与其毗邻, 以绕所述壳的轴线转动; 所述参考转子在其上以大约 18.5° 桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述参考转子以大致正比于流过所述壳的气体速度并小于所述测量转子的转速的转速, 在相反于所述测量转子转动方向的方向转动;

(f) 一测量信号发生器响应于所述测量转子, 以产生正比于所述测量转子转动速率的测量信号;

(g) 一参考信号发生器响应于所述参考转子产生正比于所述参考转子转动速率的参考信号;

(h) 一信号处理器响应于所述测量信号发生器和所述参考信号发生器, 以根据测量信号除以参考信号的商提供所述涡轮气量计的精度指示;

17. 根据权利要求 16 所述的涡轮气量计, 其特征在于所述测量转子的所述涡轮桨角被设置在大约 45° ;

18. 根据权利要求 16 所述的涡轮气量计, 其特征在于所述测量转子的所述涡轮叶片的桨角被设置在大约 30° 。

19. 涡轮气量计测量在其内流过的气流量, 该气量计包括:

(a) 一限定气体流程的筒形细长壳, 所述壳包括一入口、一中心轴线和一出口; 其特征在于, 还包括:

(b) 一进气整流器被安装在所述流动路径中靠近所述入口处, 以形成一具有恒定面积的通道, 该通道使来自入口的气体在所述壳中基本上沿轴向流动;

(c) 一测量筒被安装在所述进气整流器的下游并与其毗邻, 还包括一测量转子以绕所述壳轴线转动; 所述测量转子上以一定桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述测量转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速在相当于所述壳轴线的方向转动;

(d) 一参考整流器被安装在所述壳内所述测量转子下游, 以形成一具有恒定面积的通道, 该通道的面积基本上等于由所述入口整流器形成的通道面积, 使来自所述测量转子的气体在所述壳内基本上沿轴向流动; 所述参考整流器包括一中心壳, 许多从所述中心壳沿径向朝外伸出的翅片和一筒形导流管被安装在所述翅片的径向端并在所述参考转子范围内延伸;

(e) 一参考转子被安装在所述参考整流器下游并与其毗邻, 以绕所述壳轴线转动; 所述参考转子上以一定桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述参考转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速, 在相反于所述测量转子转动方向的方向转动;

(f) 一测量信号发生器响应于所述测量转子, 以产生正比于所述测量转子转动速率的测量信号;

(g) 一参考信号发生器响应于所述参考转子, 产生正比于参考转子转动速率的参考信号; 和

(h) 一信号处理器响应于所述测量信号发生器和参考信号发生器, 以根据测量信号除以参考信号的商提供所述涡轮气量计的精度指示。

20. 根据权利要求 19 所述的涡轮气量计, 该气量计包括参考转子轴承被安装在中央壳内和一轴把所述参考转子连接到参考转子轴承上; 所述参考整流器、所述参考转子轴承和参考转子构成一整体部件, 该部件可以从所述壳中取出。

21. 根据权利要求 20 所述的涡轮气量计, 其特征在于包括所述筒形导流管所

述延伸部分的所述整体部件是这样构造的，使所述整体部件从所述壳中取出之后，所述参考转子仍能保持其校准精度。

22. 根据权利要求 20 所述的涡轮气量计，其特征在于：该气量计包括测量转子轴承，被安装在所述测量筒内，和一轴把所述测量转子连接到所述测量转子轴承上，所述参考转子轴承是自动润滑的，且具有比所述测量转子轴承更长的正常使用寿命。

23. 根据权利要求 22 所述的涡轮气量计，其特征在于所述参考转子轴承均用环绕所述轴承的相当牢固的结构被安装在所述中心壳内的。

24. 根据权利要求 22 所述的涡轮气量计，其特征在于所述参考转子轴承是由氮化硅材料构造的。

25. 根据权利要求 19 所述的涡轮气量计，其特征在于所述参考转子的所述涡轮叶片的桨角使所述参考转子的转动速率低于所述测量转子的转动速率。

26. 根据权利要求 22 所述的涡轮气量计，其特征在于所述参考转子的所述涡轮叶片的桨角使所述参考转子的转动速率低于所述测量转子的转动速率，且所述自动润滑轴承是由氮化硅材料制成的。

27. 一种涡轮气量计测量在其内流过的气流量，该气量计包括：

(a) 一限定气体流动路径的筒形细长壳，所述壳有一入口，一中心轴线和一出口；其特征在于，还包括：

(b) 一进气整流器被安装在所述流动路径中靠近所述入口，以形成一具有恒定面积的通道，该通道使来自入口的气体在所述壳中基本上沿轴向流动；

(c) 一测量筒被安装在所述进气整流器下游并与其毗邻，还包括一测量转子在其上游端绕所述壳轴线转动；测量转子有一些涡轮叶片，其上游叶尖向所述入口延伸，并在其上以一定桨角装有一些涡轮叶片，这些涡轮叶片使所述测量转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速在相对于所述壳轴线的方向转动；

(d) 所述测量筒有一内表面形成被测气体流动路径，所述内表面的轴向截面是锥形的，在预定长度上以约 5° 和约 7° 之间的一角度从其上游端渐缩地远离所述涡轮叶片；

(e) 一机构算作所述测量筒一部分，它把所述涡轮叶片的所述上游叶尖相对所述筒的所述锥形内表面设在一要求的固定位置上；

(f) 一参考整流器被安装在所述壳中所述测量转子上游，以形成一具有恒定面积的通道，该通道面积大致等于由所述入口整流器形成的通道面积，以使来自所述测量转子的气体在所述壳中基本上沿轴向流动；

(g) 一参考转子被安装在所述参考整流器的下游并与其毗邻, 以绕所述壳的轴线转动; 所述参考转子在其上以一定桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述参考转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速在相反于所述测量转子转动方向的方向转动;

(h) 一测量信号发生器响应于所述测量转子, 以产生正比于所述测量转子转动速率的测量信号;

(i) 一参考信号发生器响应于所述参考转子产生正比于所述参考转子转动速率的参考信号;

(j) 一信号处理器响应于所述测量信号发生器和参信号发生器, 以根据测量信号除以参考信号的商提供涡轮气量计的精度指示。

28. 根据权利要求 27 所述的涡轮气量计, 其特征在于所述转子叶片的上游叶尖和所述测量筒的所述锥形内表面之间的间隙可以通过把所述上游叶尖设在约 0.0254 厘米到约 0.1143 厘米范围内的位置上进行调整。

29. 根据权利要求 27 所述的涡轮气量计, 其特征在于, 确定所述转子叶片的所述上游叶尖位置的所述机构至少包括一个用于安装所述测量转子的调整垫。

30. 根据权利要求 27 所述的涡轮气量计, 其特征在于:

(a) 所述测量转子是被安装在所述测量筒内且位于所述测量筒的上游端, 还包括一筒形转子套, 所述涡轮叶片被安装所述转子套上;

(b) 所述测量筒包括一筒室与所述转子同心, 所述筒室有一上游端和一下游端, 所述测量转子通过该上游端进行安装, 所述筒室的外径略小于所述转子套的内径, 所述筒室的长度是这样的, 当所述测量室被安装在所述测量筒中时, 所述筒室的上游端延伸在所述转子套的下面, 同时所述测量室外表面在所述转子附近的部分是连续而光滑的, 使得污染物不能积累在所述转子套和所述筒室之间的缝隙附近;

(c) 所述测量转子的转子轴承和轴, 联接所述测量转子到所述轴承;

(d) 所述筒室包括一结构, 其内把所述转子轴承安装在所述位置的下游, 所述位置就是所述轴与所述测量转子连接的位置, 当所述轴承被安装在所述结构内时, 所述结构的下游端接近于气体流过所述涡轮气量计的正常流率。

31. 涡轮气量计测量在其内流过的气流量, 该气量计包括:

(a) 一限定气体流程的筒形细长壳, 所述壳有一入口、一个中心轴线和一出口; 其特征在于, 还包括:

(b) 一进气整流器被安装在所述流动路径中靠近所述入口处, 以形成一个具有恒定面积的通道, 该通道使来自所述入口的气体在所述壳中基本上沿轴向流动;

(c) 一测量筒被安装在所述进气整流器的下游并与其毗邻, 还包括一测量转子, 绕所述壳轴线转动; 所述测量转子在其上以一定桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述测量转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速在相对于所述壳轴线的方向转动;

(d) 所述测量转子被安装在所述测量筒的上游端, 包括一筒形转子套, 所述涡轮叶片被安装在所述转子套上;

(e) 所述测量筒包括一筒室, 与所述转子同心, 该筒室有一上游端和一个下游端, 通过所述上游端装有所述测量转子, 所述筒室的外径略小于所述转子套的内径, 所述筒室的长度是这样的, 当所述测量室被安装在所述测量筒内时所述其上游端延伸在所述转子套的下面, 且所述测量室的外表面在所述转子附近的部分是连续而光滑的, 使得污染物不能积累在所述转子套和所述筒室之间的缝隙附近;

(f) 所述测量转子的转子轴承和一轴连接所述测量转子到所述轴承上;

(g) 所述筒室包括一结构, 其内所述转子轴承安装在所述位置的下游, 所述位置就是所述轴与所述测量转子连接的位置, 当所述轴承被安装在所述结构内时, 在所述结构的下游端接近于气体流过所述涡轮气量计的正常流率;

(h) 一参考整流器被安装在所述壳中所述测量转子下游, 以形成一具有恒定面积的通道, 该通道的面积大致等于由所述进气整流器形成的通道面积, 以使来自所述测量转子的气体在所述壳中基本上沿轴向流动;

(i) 一参考转子被安装在所述参考整流器的下游并与其毗邻, 以绕所述壳的轴线转动; 所述参考转子在其上以一定桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述参考转子以大致正比于流过所述壳气体速度的转速在相反于所述测量转子转动方向的方向转动;

(j) 一测量信号发生器响应于所述测量转子, 以产生正比于所述测量转子转动速率的测量信号;

(k) 一参考信号发生器响应于所述参考转子, 产生正比于所述参考转子转动速率的参考信号;

(l) 一信号处理器响应于所述测量信号发生器和所述参考信号发生器, 以根据测量信号除以参考信号的商提供所述涡轮气量计的精度指示。

32. 根据权利要求 31 所述的涡轮气量计, 其特征在于: 该气量计包括一计数器测量流过所述涡轮气量计的气体流率; 所述测量筒包括一联接室, 位于所述轴承下游; 一联接器, 位于所述联接室内并被联接在转子轴和所述计数器之间, 和一盖板, 被固定在所述测量室的下游端以防止气体流入所述联接室。

33. 根据权利要求 31 所述的涡轮气量计, 该气量计包括一板孔在所述盖板中和一过滤筒被安装在所述板孔中, 以使热量和压力能消散, 同时防止污染物进入所述联接室。

34. 一种涡轮气量计测量气流的流量, 该气量计包括:

(a) 一限定气体流程的筒形细长壳, 所述细长壳有一入口、一中心轴线和一出口; 其特征在于, 还包括:

(b) 一整流装置被安装在所述壳内并靠近所述入口, 以形成一个具有恒定面积的通道, 使来自所述入口的气体在所述壳内基本上沿轴向流动;

(c) 一测量筒被安装在所述壳中靠近所述整流装置;

(d) 一测量转子安装在所述测量筒内且在所述测量筒的上游端;

(e) 所述测量转子在其上以一定桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述测量转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速转动, 所述涡轮叶片有伸向所述入口的上游叶尖;

(f) 所述测量筒有一形成被测气体流动路径的内表面, 所述内表面的轴向截面是锥形的, 在预定长度上以约 5° 和约 7° 之间范围的斜度从其上游端渐缩地远离所述涡轮叶片;

(g) 一机构算作所述测量筒一部分, 该机构把所述涡轮叶片的所述上游叶尖相对所述筒的所述锥形内表面设在一固定位置。

35. 根据权利要求 34 所述的涡轮气量计, 其特征在于设置所述转子叶片的所述上游叶尖位置的所述机构至少包括一用于安装所述测量转子的调整垫。

36. 根据权利要求 34 所述的涡轮气量计, 其特征在于所述转子叶片的上游叶尖与测量筒锥形内表面之间的间隙可以通过把所述转子叶片上游叶尖的位置设在约 0.0254 厘米至约 0.1143 厘米范围内来调节。

37. 一种涡轮气量计测量在其内流过的气流的流量, 该气量计包括:

(a) 一限定气体流程的筒形细长壳, 所述细长壳有一入口和一出口; 其特征在于, 还包括:

(b) 一整流装置被安装在上述壳内并靠近入口, 以形成一具有恒定面积的通道, 使来自所述入口的气体在所述壳中基本上沿轴向流动;

(c) 一测量筒被安装在所述壳内靠近所述第一整流装置;

(d) 一测量转子被安装在所述测量筒内并在所述测量筒上游端;

(e) 所述测量转子在其上以一定桨角装有一些涡轮叶片, 这些涡轮叶片使所述测量转子以正比于流过所述壳的气体速度的转速转动, 所述涡轮叶片有向入口延

伸的上游叶尖；

(f) 所述测量筒有限定被测定气体动路径的内表面，所述内表面是锥形的，在靠近所述涡轮叶片的所述上游叶尖所在的位置，在预定的长度上，所述内表面的直径以约 5° 和约 7° 之间范围的斜度从所述测量筒的上游端逐渐增加到这样一个程度，使得可以通过改变所述涡轮叶片和所述壳内表面之间的间隙来改变所述涡轮计的精度；和

(g) 一机构，算作所述测量筒一部分，该机构把所述测量转子的所述涡轮叶片的所述上游叶尖的轴向固定位置设在所述内表面的预定距离内。

38. 根据权利要求 37 所述的涡轮气量计，其特征在于所述涡轮叶片的上游叶尖和所述筒的所述锥形内表面之间的间隙可以通过把所述上游叶尖设在约 0.0254 厘米到约 0.1143 厘米的范围内进行调节。

39. 一种涡轮气量计测量流过管道气流的流量，该气量计包括：

(a) 一限定气体流程的细长壳，所述细长壳有一入口和一出口；其特征在于，还包括：

(b) 一整流器被安装在所述壳内靠近所述入口；

(c) 一测量筒被安装在所述壳内所述第一整流器的下游并与其毗邻；

(d) 一测量转子被安装在所述测量筒内并在所述测量筒上游端，还包括一筒形转子套和被安装在所述转子套上的许多涡轮叶片；

(e) 所述测量筒包括一筒室与所述转子同心，筒室有一上游端和一下游端，所述测量转子通过所述上游端进行安装，所述筒室的外径略小于所述转子套的内径，所述筒室的轴向长度是这样的，当所述测量转子被安装在所述测量筒内时，所述筒室上游端延伸在所述转子套的下面并且所述筒室的外表面在所述转子附近的那部分是连续而光滑的，以使污染物不能积累在所述转子套与所述筒室之间的缝隙附近；

(f) 所述测量转子的转子轴承和一轴联接所述测量转子与所述轴承；

(g) 所述筒室包括一结构，其内把所述转子轴承安装在一个位置的下游，该位置就是所述轴与所述测量转子连接的位置，当所述轴承被安装在所述结构中时，所述结构的下游端接近于流过所述涡轮气量计的气体正常流率。

40. 根据权利要求 39 所述涡轮气量计，该气量计包括一计数器，测量流过所述涡轮气量计的气体流率；所述测量筒包括一联接室，位于所述轴承座的下游；一联接器，位于所述联接室内并被联接在所述转子轴和所述寄存器之间；和一盖板，被固定在所述测量室下游端，以防止气体流入所述联接室。

41. 一种根据权利要求 40 所述的涡轮气量计, 该气量计包括一板孔在所述端板中和一滤筒被安装在所述板孔中, 以使热量和压力能消散, 同时防止污染物进入联接室。

42. 一种方法利用计算机处理器分析一涡轮气量计精度, 该涡轮气量计有一测量转子和一参考转子基本上与测量转子影响无关而转动, 该方法包括以下一些步骤:

- (a) 选择来自测量转子且大致正比于测量转子转动速率的测量信号;
- (b) 选择来自参考转子且大致正比于参考转子转动速率的参考信号;
- (c) 利用信号处理器确定流过涡轮气量计的流率, 并把流率调节到确定涡轮计精度所要求的水平;

(d) 利用信号处理器处理测量信号和参考信号, 以便根据测量信号除以参考信号的商来确定涡轮气量计的精度。

43. 一种方法利用计算机处理器分析一涡轮气量计精度, 该涡轮气量计有一测量转子和一基本上与测量转子影响无关而转动的参考转子, 该方法包括以下一些步骤:

- (a) 选择来自测量转子且其频率 $f_{\text{测量}}$ 大致正比于测量转子转动速率的测量信号;
- (b) 选择来自参考转子且其频率 $f_{\text{参考}}$ 大致正比于参考转子转动速率的参考信号;

(c) 利用信号处理器处理测量信号和参考信号, 以便根据下列公式确定该涡轮气量计的精度:

$$\left(\frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \text{精度}_{\text{校准}} \right) \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}}$$

其中在测量转子和参考转子的工作条件下,

$K_{\text{测量}}$ 是测量转子的 K 因子,

$K_{\text{参考}}$ 是参考转子的 K 因子,

精度_{校准}是在涡轮计的校准期间确定的测量转子精度。

44. 根据权利要求 43 所述的方法包括根据下列公式把精度_{校准}与涡轮计当前精度进行比较的步骤:

$$\text{精度}_{\text{校准}} \left[1 - \frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \cdot \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}} \right] .$$

45. 根据权利要求 44 所述的方法包括以下一些步骤:

(1) 根据下列公式把精度_{校准}和涡轮计当前精度之间的差值与误差极限值进行比较:

$$\left| \text{精度}_{\text{校准}} \left[1 - \frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \cdot \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}} \right] \right| > \text{误差极限, 和}$$

(2) 显示这一比较结果的指示。

46. 根据权利要求 43 所述的方法包括对该涡轮计根据下列公式确定气体流率的步骤:

$$\frac{f_{\text{测量}}}{K_{\text{测量}}},$$

显示该流率, 并调整该流率至测试该涡轮计精度的水平。

47. 根据权利要求 43 所述的方法包括这些步骤: 利用一探测器产生测量信号, 该探测器传感测量转子上转子叶片的转动, 利用一探测器产生参考信号, 该探测器传感参考转子上转子叶片的转动, 并产生表示转动转子叶片所产生信号的信号模式。

48. 一种方法利用计算机处理器分析多个涡轮气量计中任何一个涡轮计的精度, 每个涡轮计都有一测量转子和一参考转子基本上与测量转子影响无关而转动, 该方法包括以下一些步骤:

(a) 选择要分析精度的涡轮气量计;

(b) 从被选定的涡轮气量计中选择来自测量转子且大致正比于测量转动速率的测量信号;

(c) 从被选定的涡轮气量计中选择来自参考转子且大致正比于参考转子转动速率的参考信号;

(d) 利用信号处理器确定通过该选定涡轮气量计的流率, 并把该流率调节到确定该涡轮计精度所要求的水平;

(e) 利用信号处理器处理测量信号和参考信号, 以便根据测量信号除以参考信号的商确定该选定涡轮气量计的精度。

49. 根据权利要求 48 所述的方法, 该方法包括储存表示该选定涡轮气量计精

度信号的步骤。

50. 一种方法利用计算机处理器分析多个涡轮气量计中任何一个涡轮计的精度，每个涡轮计都有一测量转子和一参考转子基本上与测量转子影响无关而转动，该方法包括以下一些步骤：

(a) 选择要分析精度的涡轮气量计；

(b) 从选定涡轮气量计中选择来自测量转子且频率 $f_{\text{测量}}$ 大致正比于测量转子转动速率的测量信号；

(c) 从选定涡轮气量计中选择来自参考转子且频率 $f_{\text{参考}}$ 大致正比于参考转子转动速率的参考信号；

(d) 利用信号处理器处理测量信号和参考信号，以便根据下列公式确定该选定涡轮气量计的精度：

$$\left(\frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \text{精度}_{\text{校准}} \right) \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}}$$

其中在测量转子和参考转子工作条件下，

$K_{\text{测量}}$ 是测量转子的 K 因子，

$K_{\text{参考}}$ 是参考转子的 K 因子，

精度_{校准}是在涡轮计的校准期间确定的测量转子精度。

51. 一种测量在其内流过的气体流量涡轮气量计，这种涡轮计适合于使用响应于测量信号发生器和参考信号发生器的信号处理器，两个信号发生器均为该涡轮气量计的构件，用于根据测量信号除以参考信号的商提供涡轮气量计的精度指示，该涡轮气量计包括：

(a) 一限定气体流程的筒形细长壳，所述壳有一入口，一中心轴线和一出口；其特征在于，还包括：

(b) 一进气整流器被安装在所述流程中并靠近入口处，以形成一具有恒定面积的通道，使来自所述入口的气体在所述壳中基本上沿轴向流动；

(c) 一测量筒被安装在所述进气整流器的下游并与其毗邻，还包括一测量转子绕所述壳的轴线转动；所述测量转子在其上以一定桨角装有一些涡轮叶片，这些涡轮叶片使所述测量转子以大致正比于流过所述壳的气体速度的转速相对于所述壳轴线的方向转动；

(d) 一参考整流器被安装在所述壳内在测量转子下游，以形成一具有恒定面积的通道，该通道面积大致等于由所述进气整流器形成的通道面积，使来自所述测

量转子的气体在所述壳内基本上沿轴向流动；

(e) 一参考转子被安装在所述参考整流器的下游并与其毗邻，以绕所述壳轴线转动，所述参考转子在其上以一定桨角装有一些涡轮叶片，这些涡轮叶片使所述参考转子以小于所述测量转子转速在相反于测量转子转动方向的方向转动，测量转子的转速大致正比于流过所述壳的气体速度；

(f) 一测量信号发生器适合于与信号处理机耦合，并响应于所述测量转子以产生正比于所述测量转子转动速率的测量信号；和

(g) 一参考信号发生器适合于与信号处理机耦合，并响应于所述参考转子产生正比于所述参考转子转动速率的参考信号。

说明书

涡轮气量计

技术领域

本发明涉及用于测量气体流率的涡轮计，它是通过把流动气体的动能转换为涡轮的转动来测量的，涡轮的轴线平行于气体流运的路线。

背景技术

涡轮计既可以用于测量液体的流率也可以用于测量气体的流率。但是，涡轮气量计的工作原理与液体从动计的工作原理略有不同，这是由于两种流体的密度和运动粘度不同引起的。由于液体基本上是不可压缩的，所以液体的密度随压力或温度的变化不大。另外，液体的密度较高，所以液体流动产生巨大的推动力矩足以克服涡轮计的机械摩擦。因此，阻滞力矩的微小变化，例如运动零件之间摩擦力的增加，不会影响涡轮液量计的性能。相反，气体的密度较低，所以涡轮气量计对于计内阻滞力矩的变化很敏感，特别是在低压和低流率下更是这样。运动粘度的变化既影响涡轮气量计的性能也影响涡轮液量计的性能。

通过涡轮气量计的气体总量用读取安装在涡轮计上的测量转子的转数来测定。涡轮气量计被称作推理计，因为这些涡轮计是通过观测其它量来推断有多少气体通过涡轮计的。涡轮气量计就是一气体速度测量装置。因为位于转子前面的环形通道横截面积是已知的，所以实际的流率可以由气体的速度来推断。

使转子转动的驱动能是被测气体的动能，即被测气体的运动能。气体冲击到安装在测量转子上的转子叶片上，并克服阻碍转子转动的阻滞力。因为气体的密度低，所以必须减小涡轮气量计安装在其内的气体管道的横截面积，以便使气流加速到更高的动能，因而使气体可以被涡轮气量计测量。进流导管，或整流器用于使气体流过的面积大致减小到安装涡轮计的管道面积的一半。当气体的流率保持不变时，减小气体流动路线的横截面积可使气体的速度成正比地增加。由于液体的密度较高，所以涡轮液量计测量液体的流率，不必加速液体。

在天然气工业所用的管路中，为了测量大量气体的流率，通常都装有涡轮气量计。由于气体的量很大，所以很小的测量误差都会给气体输送公司和地方配气公司造成巨大的损失。1992年在荷兰计量研究所技术刊物上发表了一个可能发生的损失

大小的例子。让我们考虑一个在 40.8088/平方厘米表压压力下工作，气体流量为最大容量的 59% 的 30.48 厘米的涡轮计。假定天然气的价格是每立方米 0.13 美元，那么，仅 0.2% 的误差每年就会造成 16 万美元的损失。很明显，保持涡轮气量计的精度不变是至关重要的。

在每个涡轮气量计制成后，必须分别进行校准。校准是必要的，因为对于一定量的气体，涡轮计零部件正常的微小变化都会使每台涡轮气量计记录出略微不同的容积流率。举例来说，由于加工的微小不一致，使在各涡轮计测量转子上的叶片形状略有变化。因此，对于流动速度相同的气体，每个涡轮测量转子的转动速率略有不同。同样，同一批号和同一型号的不同测量转子轴承装置可能对其上所装有的不同涡轮计转子施加略微不同的摩擦力。另外，涡轮气量计通过常有一机械计数器，有时称作指针盘。计数器在一组刻度盘上给出气体流量的读数，计数器一般是通过一联接器连接到涡轮测量转子上的，联接器包括齿轮，磁联接器和其它构件，这些构件给不同涡轮气量计的涡轮转子的加载程度也略有不同。因此，对一定量的气体，各涡轮计都将记录其各自的流率水平。

在制造涡轮气量计时，涡轮计的精度是通过与一个已知标准量具做对照测试来进行校验的，标准量具可以是一标准仪器，或者报警校准仪 (bell prover)，或者一声波喷嘴仪 (sonic nozzle)。在已知温度，已知气路压力和已知气体流率下，把涡轮计记录的气量与由标准量具测定的流过涡轮计的实际气量进行比较。涡轮计的机械计数器测出的气量与通过涡轮计的实际气量之比被称作该涡轮计的精度。涡轮计的校准因子是这样一个量，涡轮计记录的读数被它除就得到 100% 精确的读数，涡轮计的校准因子用字母 K 表示，即用流过涡轮计的单位气量的脉冲数表示，对于涡轮计可能工作的一已知系列气路压力的每个压力，该涡轮计的预期流率范围对应的这些 K 因子是确定的，因而对各涡轮计都设有一有关这些 K 因子的表。

在安装并运转一涡轮气量计之后，由于诸如构件损坏，构件之间磨擦的增加等因素，涡轮计的精度可能随时间发生变化，构件之间的磨擦可能是由于磨损或者由于流过该涡轮计的气体所携带的污染物造成的。因此需要定期在现场校验涡轮气量计。

当气体管道中已装有涡轮计时，当前有几种校验涡轮气量计的方法，这些方法包括采用临界流率校准仪，声波喷嘴校准仪和轴向孔板流量计。但是，在现场使用最广泛的校准涡轮计的方法是转移校准法。即把涡轮计，或至少是涡轮计的测量筒从管道中取出，用大气压下的空气进行校准，然后考虑由于一些因素引起的精度变化，这些因素有管道压力，气体成分和气流扰动的可能影响。但是，现场校准涡轮

计的每一种方法都要花费时间。都要中断涡轮气量计的正常工作，因而造成不希望有的花费。

作为说明，临界流率板孔校准仪和声波喷嘴校准仪都是这样的仪器，它们工作时，入口和出口之间的压降大于上述各仪器的临界压力比。临界流率板孔校准仪工作所需要的出口与入口压力比小于 53%，而对于声波喷嘴校准仪压力则小于 81%，与被校准涡轮气量计安装在同一管道的这些校准仪都是固定流率仪器，意思是，具有预定临界截面直径的板孔或喷嘴只能校准一个容积流率。因此，为了使被校准涡轮气量计在整个工作流率范围产生一精度曲线，必须采用各种不同尺寸的板孔或喷嘴。更换板孔或喷嘴要求气体旁路该仪器，并要求将板孔或喷嘴减压。这个过程需要花费时间和中断涡轮计的使用。加之要达到临界流率，板孔校准仪或声波喷嘴校准仪和最佳精度需要确定气体成分，为了在实验室进行分析，需要对气体采样，或者把一移动式气体色谱仪运到做气体分析的地点。

轴向板孔流量计存在一些与临界流率板孔校准仪和声波喷嘴校准仪面临的相同困难。轴向板孔流量计均被放在与要校准的涡轮计相同的管道中，并且通过测量被测气流中孔板两端的压差来进行工作。为了获得涡轮气量计在整个流率范围上的精度曲线，可能需要多个孔板，这要求使气流旁路板孔流量计，并且为了换板，要求该板孔流量计减压。另外，这种流量计还要求知道被测气体的比重，即气体的成分，这又要求气体的实验室分析或者在现场使用移动式气体色谱仪。

转移校准是由一气量计与一已知精度的参考气量计做对照测试组成的。把被测试气量计从其安装管道中取出，然后与一参考流量计串连安装。使空气通过两个气量计，并且为了估算被测试涡轮气量计的精度，把两个气量读数进行比较。把被测试涡轮气量计从管道中取出会中断该涡轮计的正常使用。另外，精度估算不能计及管道内气流扰动对该涡轮精度的可能影响，由于拥有或租赁高压转移校准仪是很昂贵的，所以大多数转移校准仪是在大气压力下校准涡轮计的。另外，空气是测量流体。因此，在大气压力下使用转移校准仪时没有计及由管道压力或气体成分所形成的精度变化。而且，大多数转移校准仪的容量对于测试较大涡轮计来说是不合适的。

最近的进展已经试图通过补偿涡轮气量计工作中发生的不精确因素来减少或避免对校准涡轮气量计的要求，这一进展是由一涡轮气量计组成的，该气量计采用两个相互紧靠安装的转子，使其发生流体动态相互作用。涡轮计工作的基本原理是，涡轮计的精度及其精度变化正比于流体流出测量转子的偏转角。

下游传感转子感受并响应于流体从测量转子涡轮叶片流出的出口角变化，使得两个转子转速的差值保持不变。传感转子及相关电子电路不是设计成测量涡轮计的

精度，而是设计成自动地调节电子输出，以使涡轮计的输出在理论上是 100%精确的。保持 100%精度所需的调节量是为确定涡轮计的条件相对其原始校准条件的变化而设置的。这类气量计在李（Lee）等人的美国专利 4, 286, 471 和美国专利 4, 305, 281 中均有叙述。

但是，这类涡轮计的设计假定了系统的工作是正确的，如果存在造成不正确流量的故障，用户不会知道问题之所在。另外，因为两个转子是流体动态耦合的。所以，由于摩擦或障碍物造成一个转子完全失灵时会使涡轮计不再工作。而且，这种涡轮气量计的可调范围，即最大容量与最小容量之比大致降为惯用涡轮计的 33%，这是由于传感转子的叶片角小和两个转子之间流体动态相互作用的要求造成的。

因此，在天然气工业中仍然需要一种在实际工作压力和温度下快速而精确地校准气体管道中涡轮气量计的某种装置或方法，而不必把涡轮计从管道中取出，因而不必中断涡轮计的正常使用。

发明内容

转子轴承保护

涡轮气量计出现故障的一个重要原因就是涡轮计测量转子的转子轴承受到污染。其内装有涡轮气量计的天然气管道往往含有诸如灰尘、铁锈、管屑、焊渣、酸、碳氢化合物等污染物，这些污染物可能是由流过的天然气所携带而通过涡轮气量计的。测量转子轴承中的一小点灰尘可以使该轴承过早地磨损，因而增加轴承内的摩擦，因摩擦增加引起的转子阻力而使其精度发生变化，从而又造成涡轮计的过早失效。涡轮气量计有外部润滑法，外部润滑用油冲洗测量转子轴承，以有助于从这些轴承上去除污染物。遗憾的是，不是所有的污染物都能在这种冲洗中除去。剩余污染物也可以引起测量转子轴承的加速磨损，因而最终失效。以前设计的涡轮气量计采用了各种各样的结构，试图保护测量转子轴承免受污染，这些设计有不同程度的成功，已采用的结构包括测量转子的防尘罩和轴承用的轴承罩。因为密封轴承增加了摩擦，所以轴承本身不能完全被密封。因此，在转子轴承组装后，污染物仍可能进入转子轴承，这样，仍然需要一种能尽可能减少涡轮气量计测量转子受污染的结构。

涡轮计精度调节

如上指出的那样，各涡轮气量计通常都有一个叫作计数器或指针盘的机械机构，该机构记录流过涡轮计的气量。涡轮计的测量转子通过一系列齿轮，磁连接器以及

其它类似件与计数器上的一组刻度盘联接，这组刻度盘指出已流过该涡轮气量计的气量。由于在测量转子和刻度盘之间一次只能安装一组齿轮和/或联接器，所以计数器只能在一个流率下被校准到 100% 精确，这个流率通常是涡轮计最大流率的 60% 左右。

但是，涡轮计的计数器刻度盘记录的气量精度是在涡轮计整个工作条件范围内校准时校准的。所以在任何特定管道压力下，所画的精度曲线表示该涡轮计的精度随其流率的变化。经常对涡轮计的构件进行变换，试图使涡轮计的精度在其流量的预计范围内尽可能一致。

涡轮气量计的精度曲线倾向在低流率下有一个不希望有的“凸起”，这表示，在这些流率下，计数器记录的气量比实际流过涡轮计的气量多。图 26 中示有一涡轮气量计的精度曲线，为了在 0.01759 千克/平方厘米压力下进行精度测试而对该涡轮加压。虚线曲线表示在完成涡轮计量计校准之前的一典型不合格精度曲线。这表示，在涡轮计最大容量 5% 左右的流率以下，这个涡轮计记录的气体少于实际流过该计的，而在流率达到涡轮计最大容量的 60% 以前，涡轮计记录的气体多于实际流过该计的。

涡轮气量计的设计者和制造者曾采用过各种各样的构件结构和不同方法，试图使精度曲线的低流率凸起变平，举例说明，通过调节转子叶尖相对其内装有转子的壳体间隙已使涡轮气量计的精度曲线在低流率下的凸起得到了调节。一般来说，如果记录的精度在低流率下比高流率下低得多，那么减小叶尖的间隙可使精度曲线的低流率端朝高流率端升高。如果在低流率下记录的精度比高流率下记录的精度高得多，那么增加叶尖间隙可使低流率下的精度降至高流率下的精度。

通过将涡轮计壳内膛在邻近涡轮计转子部件上的涡轮叶片转动的地方设圆锥形的轴向截面，使液体涡轮流率计的精度得到调节。通过改变转子叶片相对圆锥内膛的间隙使上述液体涡轮流率计的精度得到调节，这间隙是通过调节涡轮转子和内膛的相对位置进行调节的，这就改变了单位液体流率的液体涡轮转子转速，以便调节液体涡轮计的精度。这类液体涡轮计示在贝拉 (Belle) 的美国专利 3,370,465, 3,589,188 和黎柏 (Leber) 的 4, 316, 392 中。

当打算把这些精度调节原理应用于涡轮气量计时，最好是使涡轮计的圆锥轴向截面的角度大到切实可行。这样，对涡轮叶片位置作较小的调节就能任意地调节涡轮气量计的精度。但是，已经发现，角度为 21° 的圆锥轴向截面的涡轮气量计在高流率下其精度降到约 97% 至 98% 的范围。对于涡轮气量计来说，这是不合格的精度范围。

惯用的涡轮气量计一般包括一细长的筒形壳，该壳被装在一管道内为该管道中流动的气体形成一流动路线。邻近该壳的入口装有一进气整流器，使来自入口的气体在壳内沿轴向流动，一测量转子被安装在进气整流器的下游，以使其绕筒形壳的中心轴线转动。测量转子有安装在其上的涡轮叶片，叶片使其以大致正比于气体流过该壳的速度的转速在一个方向转动。

根据本发明的一个方面，对一惯用涡轮气量计进行了变更，以使涡轮计能够自校，即能够使其精度得到自检，而不必从安装的管道中取出，因而不必中断涡轮计的正常使用。该涡轮气量计包括一参考整流器，该整流器被安装在筒形壳内测量转子的下游。两个整流器都形成恒定面积的通道，两个通道在各个转子之前的面积大致相等。

另外，本发明的自校涡轮气量计包括一参考转子，该转子位于第二整流器下游并邻近该整流器，参考转子有一些具有奖角的涡轮叶片，叶片使参考转子以相反于测量转子转动方向的方向转动。因此，使测量转子增加或减小其转速的气流中的漩涡对参考转子有相反的影响，这就放大了漩涡的影响，使漩涡更容易探测。

根据本发明的一个优选实施例，涡轮叶片也使参考转子以这样的转速转动，虽然转速也大致正比于气体流过该壳的速度，但是低于测量转子的转动速率，参考转子的较低转速减小了其构件的磨损早于测量转子构件磨损的可能性，这就减小了参考转子的精度和 K 因子的改变早于测量转子精度和 K 因子改变的可能性。

这种自校涡轮气量计包括一测量信号发生器，该发生器响应于测量转子，用于产生一正比于测量转子转动速率的测量信号。这种自校涡轮气量计还包括一参考信号发生器，该发生器响应于参考转子，以便产生一正比于参考转子转动速率的参考信号。

自校涡轮气量计设有一信号处理器，用参考信号除测量信号，以便根据其商指示该涡轮气量计的精度。正如下面更充分的说明那样，在测定涡轮计的精度中，信号处理器也计及两个转子的 K 因子，K 因子是涡轮气量计的一个十分有名的特性，定义为流过该流过涡轮计的单位气量由转动涡轮计转子所产生的脉冲数。信号处理器使测量信号和参考信号的商与参考转子的 K 因子除以测量转子的 K 因子的商相乘。在用机械计数器测量气体流率的情况下，信号处理器使上述结果乘以在校准时对现有流率条件确定的涡轮计精度。

参考转子及其有关构件不影响涡轮气量计的基本功能，因为它用来测量天然气的体积流率或总体积的，尽管流过参考转子的气体流率也可以由信号处理器来确定。自校涡轮气量计有两个涡轮转子，通过在两个转子之间插入第二整流器使两个

转子的流体动态耦合完全消除。两个转子的功能与两个分开的转子轴无关，因而作为测量计，涡轮计的工作不需要另一转子。

推导自校涡轮计精度方程以表明本发明的基本原理。

任何涡轮计的精度都用该计的体积读数被标准仪测量的体积数除来确定。

$$\text{精度} = \frac{\text{体积}_{\text{涡轮计}}}{\text{体积}_{\text{标准仪}}} \quad (1)$$

对于稳压流动：

$$Q = V/T \quad (2)$$

其中“Q”是体积流率，“V”是总体积，“T”是流过的总时间。

于是，

$$\text{精度} = \frac{Q_{\text{涡轮计}}}{Q_{\text{标准仪}}} \quad (3)$$

流率与频率“f”有关，它是涡轮计转子在涡轮转动速率的一量度，按单位时间的脉冲数计，转动速率也可以在某一选定时间间隔内。用对转动转子所产生的脉冲总数进行计数来测定。但是频率已被选为转速的一方便量度，按照定义，脉冲因子或涡轮计 K 因子是在选定涡轮计条件下由转子获得的输出脉总数与流过该涡轮气量计的实际气量之比。因此，按照定义，K 因子是 100%精确的，当考虑相同的时间间隔时，K 因子变为输出频率与实际流率之比，因此，实际流率、频率和 K 因子的关系为

$$Q = f / K \quad (4)$$

正如上面指出的那样，在希望测量转子有机械输出的场合，它是用通过一齿轮系联接于测量转子的计数器或指针测量的，当转子的转速与流率相关时，计数器本身只能用一个 K 因子调节，因为在转子的计数器的刻度盘之间只能使用一个传动关系，通常，K 因子是选择在流率约为涡轮计容量的 2/3，这一流率被称为更换齿轮流率。这一流率的 K 因子被称作测量转子的标称 K 因子，或 $K_{\text{标称测量}}$ 。标称 K 因子与其它流率条件下的 K 因子的关系为：

$$K_{\text{测量}} = K_{\text{标称测量}} \cdot \text{精度}_{\text{校准}} \quad (5)$$

其中精度_{标准}是测量转子机械输出的精度，即测量转子计数量器的精度，该精度是在涡轮计原始校准期间，在其它流率条件下测定的。由机械输出或计数器测定的流率和由主转子获得的频率之间的关系来自方程（4）

$$Q_{\text{涡轮计}} = f / K_{\text{标称测量}} \quad (6)$$

然后把方程（6）代入方程（3）得到

$$\text{精度} = \frac{f}{\frac{K_{\text{标称测量}}}{Q_{\text{标准}}}} \quad (7)$$

现在, 如果涡轮计的精度是测量转子的标称精度, 即在特定工作条件下最近校准确定的精度, 且按定义, 假定参考转子的精度是 1, 那么:

$$\text{精度}_{\text{涡轮计}} = \text{精度}_{\text{测量}} = \frac{\text{精度}_{\text{测量}}}{1} = \frac{\text{精度}_{\text{测量}}}{\text{精度}_{\text{参考}}} \quad (8)$$

于是, 自校涡轮计获得的精度等于测量转子精度与参考转子的精度之比。测量转子的机械输出精度是根据 $K_{\text{标称测量}}$ 确定的。因此

$$\text{精度}_{\text{涡轮计}} = \frac{\frac{f_{\text{测量}}/K_{\text{标称测量}}}{Q_{\text{标准}}}}{\frac{f_{\text{参考}}/K_{\text{参考}}}{Q_{\text{标准}}}} \quad (9)$$

分子和分母中的 $Q_{\text{标准}}$ 互相抵消, 得到:

$$\text{精度}_{\text{涡轮计}} = \left(\frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{标称测量}}} \right) \left(\frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}} \right) \quad (10)$$

最后, 把方程 (5) 中的式 $K_{\text{标称测量}} = K_{\text{测量}}/\text{精度}_{\text{校准}}$ 代入方程 (10) 得到精度方程的一式, 该式可以用于校准程序或校准电路, 以便在现场确定主转子的机械输出, 或计数器的精度。

$$\text{精度}_{\text{涡轮计}} = \left(\frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \text{精度}_{\text{校准}} \right) \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}} \quad (11)$$

因此, 自校涡轮气量计测量转子的精度表示为参考转子 K 因子与测量转子 K 因子之比乘以测量转子频率与参考转子频率之比与校准时测量转子精度的乘积。当涡轮气量计的输出是用电子仪器测定时, $\text{精度}_{\text{校准}}$ 就等于 1。这些输出频率是涡轮计在现场使用时在特定条件下测定的。可以选用两种 K 因子和精度, 一种是在各种流率条件下在工厂校准涡轮计期间确定的 K 因子和精度, 另一种是在测量频率时的特定条件下确定的 K 因子和精度。

在推导自校涡轮气量计精度公式中假定了在测量转子处的体积流率等于参考转子处的体积流率, 仅当两个转子处的静压力和静温度相等时这个假定才是正确的。对于涡轮计来说在转子处气体的速度只能达到每秒约 32 米。因此最大马赫数, 即气体速度与当地声速之比, 约为 0.1, 在此马赫数范围内, 由于两个转子相互靠得很近, 所以如果两个转子前面的环形通道面积近似相等, 那么在每个转子处的静压力和静温度将是相等的。在这一假设下, 自校涡轮气量计的精度方程可以与压力和温度无关。这就简化了为确定涡轮计的精度所必须进行的一些测量, 这就减少了构件发生故障的可能性, 因而减少了造成误差的可能性, 并且简化了确定精度的计算。

根据本发明有关自校涡轮气量计的另一个方面，第二整流器包括一中心壳和多个沿径向从该壳向外伸出的翅片。一筒形参考导流管位于翅片的径向端，这个导流管还延伸在参考转子的范围内，而参考转子则被安装在翅片的下游端。这些构件和有关轴承以及其它构件形成一整体参考筒，参考筒可以整体从涡轮气量计中取出。这种结构使要校准的参考转子能与装有参考转子在其内的涡轮计无关。因此，参考筒的参考转子可以在工厂进行校准，储备待用，并安装在自校涡轮气量计中，而不必为每个涡轮计重新校准参考转子。

转子与轴承保护

根据本发明的关于带有或没有第二个转子的另一方面，涡轮气量计的测量转子被安装在测量筒内的上游端，测量转子包括一筒状转子套，多个安装在转子套上的涡轮叶片和一支撑转子套的前端面。该转子前端的整个表面都是实心的，所以在涡轮气量计正常使用期间，气体以及气体携带的任何污染物都不能通过它。

另外，测量筒包括一与测量转子同心的筒室，筒室有一敞口的上游端和一下游端。该筒室的外径略小于转子套的内径。该筒室的轴向长度是这样的，当测量转子被安装在测量筒内时，其上游端至少在一部分转子套下方延伸，在转子套下游、转子套附近的那部分圆筒外表面是连续和光滑的，所以污染物体不能积累在转子套和圆筒之间的缝隙附近。

每个筒室都包括测量转子轴承和一把这些轴承连接于测量转子的轴。测量转子轴承的一轴承被安装在筒室内，位于转子轴和测量转子联接处的下游，当轴承被安装在轴承座内时，筒室和轴承座的下游端的流率接近于流过涡轮气量计的正常流率，另外，为了在测量筒壳上施加正压力而设有一结构，以在其上游端形成一密封层，来控制气体的流动路线。

涡轮计精度调节

涡轮气量计一般是由一其内装有测量筒的筒形金属壳制造的。通常测量筒至少包括一测量转子，其转子轴承和一将测量转子互联到机械计数器上的连接器，该计数器则被安装在测量筒顶部，通常在北美制造的涡轮气量计有几个测量筒，这些测量筒可以和机械计数器一起从涡轮计的顶部取出，而不必把整个涡轮计从安装涡轮计的管道中取出。

本发明的另一个方面涉及一简单的方法，这种方法用于调节本发明的自校涡轮气量计和没有第二个转子的涡轮气量计两者的精度。测量转子被安装在测量筒的上

游端，使测量转子上的涡轮叶片的上游叶尖伸向入口。测量筒壳有形成被测气体流动路线的内表面，内表面有一轴向截面，该截面从其上游端沿一预定长度是成圆锥形渐缩远离涡轮叶片的。通过测试已经发现，为了能够调节涡轮气量计的精度，圆锥形截面的锥角必须在约 5° 和约 7° 之间的范围内，这时在高流率下得到一令人满意的精度曲线。应用本发明这方面的原理，涡轮叶片的上游叶尖与测量筒的锥形内表面之间的间隙被调节在 0.254 厘米左右到 0.1143 厘米左右。

为了调节涡轮计的精度，本发明设有一机构，以可靠地定出涡轮叶片的上游叶尖相对测量筒的锥形内表面的轴向位置。仅举例说明，在本发明的优选实施例中，在转子被固定在转子轴上之前，在转子和靠其安装转子的转子轴组件的平衡块之间放置一个或多个填隙片，可以通过改变放置在适当位置、宽度相等的填隙片的数目来改变涡轮叶片上游叶尖相对测量筒圆锥形内表面的位置，从而调节该涡轮计精度曲线的低流率端。

本发明并不在于上面和在优选实施例说明中所公开的以及下面权利要求所要求的任何一种涡轮气量计的特征和方法。反之，本发明通过对这些涡轮气量计的特征和所公开方法步骤的特殊组合而不同于已有技术。本发明的重要特征在本发明的优选实施例详细说明中已经公开，这些将在下面示出并加以说明，以便说明迄今为止实施本发明设想的最佳方式。

本专业的技术人员将会认识到，在不脱离本发明范围的情况下，本发明可以包括一些不同于那些已示出的实施例的实施例，还会认识到，可以各种方式改变这些涡轮气量计的结构细节和方法。据此，附图和说明书被认为是说明性质的，实质上不是限制本发明的范围。因此，权利要求被认为包括那些不脱离本发明精神和范围的涡轮气量计和方法。

附图说明

为了完整地理解和评价本发明及其许多优点，下面将结合附图进行详细阐述，其中：

图 1 是含有本发明特征的涡轮气量计的侧剖视图；

图 2 是包含本发明特征的涡轮气量计的分解透视图；

图 3 是包含本发明特征的涡轮气量计的背面透视图；

图 4 是部分切去的上游整流装置的透视图；

图 5 是部分切去的测量转子透视图；

图 6 是表示其中一个涡轮叶片的测量转子部分顶视图；

图 7 是测量筒的部分侧剖视图；

图 8 是参考筒的部分侧剖视图；

图 9 是参考整流装置的透视图；

图 10 是部分切去的参考转子透视图；

图 11 是表示涡轮叶片的参考转子顶视图；

图 12 是安装气体涡轮叶片的电磁邻近传感器壳的剖析图；

图 13 是按本发明使用的信号处理器方框图。

图 14 描述本发明的一优选实施例，其中信号处理器包括一笔记本校验仪和一笔记本计算机；

图 15 表示笔记本校验仪的实际配置；

图 16 是笔记本校验仪的接线图；

图 17 是笔记本校验仪的示意图；

图 18 是本发明信号处理器的 LABVIEW®程序的源码图；

图 19 表示信号处理器 LABVIEW®虚拟仪器程序的前面板；

图 20 是图 18 所示的频率平均子程序的源码图；

图 21 表示图 22 所示 LABVIEW®虚拟仪器程序的前面板；

图 22 表示一 LABVIEW®程序的源码，该程序在校准根据本发明制造的涡轮气量计期间用于检查测试结果；

图 23 是包含本发明另一方面特征的涡轮气量计的侧剖视图；

图 24 是一放大图表示涡轮叶片上游叶尖相对于测量筒壳锥形截面的位置；

图 25 是转子和转子轴组件的部分分解放大图，表示定位涡轮叶片上游叶尖位置的填隙片。

图 26 是根据本发明制造的涡轮气量计的精度曲线；

参考附图，在这些附图的全部图中都用相同的件号和字母表示相同或相应的零件。

具体实施方式

图 1 和图 2 表示根据本发明构成的涡轮气量计的基本构件，一涡轮气量计 20 包括金属壳 22，该壳具有一入口 24 和一出口 26。该壳 22 通常由例如铝的金属构成，并且设计成能承受预计被安装在气体输送管或分配管中时要受到的压力。

该涡轮气量计 20 包括一邻近入口 24 的进气整流装置，该装置有一些形成通道的叶片 29，以减少或消除其内装有涡轮气量计的管道中所产生的气流扰动，参考图

4 和图 1, 叶片 29 被安装在一套 30 上, 该套邻近入口 24 有一子弹形的前面部分。

如图 1 和图 4 所示, 一导流管或管套 32 被安装在叶片 29 的径向端, 并伸至叶片 29 的下游端 29A 之外, 对于根据本发明构成的 10.2 厘米涡轮气量计来说, 管套 32 伸出叶片 29 的下游端 29A 外约 2.54 厘米。管套 32 在其上游端有一法兰 34。该法兰 34 套入一如图 1 中看到的区域, 该区域已从壳 22 的入口区切掉, 法兰 34 用一组螺钉固定在涡轮计壳 22 上, 示有其中一个为螺钉 36。

通过把管套 32 的外表面和壳 22 的内表面加工成高精度公差, 使其与涡轮气量计 20 的测量转子 38 有更高的同心度以改进整流装置 28 的性能。通过采用 16 个叶片消除进入涡轮气量计 20 入口 24 气流的气流扰动已经获得了良好的结果。

该套 30 伸出叶片 29 下游端 29A 之外和管套 32 下游端之外的位置, 即它中止在邻近测量筒 36 上游端的那个位置。在叶片 29 的端部 29A 和测量转子 38 之间形成一混合室 37, 测量转子是测量筒的一构件。该混合室 37 使由入口导流管翅片所产生的小漩涡能在到达测量转子之前消失。该混合室 37 也使整流装置 28 内的气流能在到达测量转子 38 之前变成略有湍流。当校准涡轮气量计 20 时, 这有助于减小在低流率和低工作压力下该涡轮气量计精度曲线的凸起, 但是, 涡轮气量计 20 之前管道内的气流扰动, 如漩涡是通过增加叶片 29 的长度来减少的。因此, 实际叶片长度是在使上游漩涡减至最小和使精度曲线凸起减少之间取折衷。对于根据本发明构成的 10.2 厘米涡轮计来说, 通过包括 7.62 厘米长的叶片 29 和 5.08 厘米长的混合室 37 来优化整流装置 28 的设计。但是, 已经发现, 对于 15.24 厘米和 20.32 厘米的涡轮计来说, 混合室的长度最好为 2.54 厘米, 可以相信, 对于在 10.2 厘米的涡轮计, 5.08 厘米的混合室是需要的, 因为在 10.2 厘米的涡轮计中磨擦小得多, 使得精度曲线的凸起在 10.2 厘米的涡轮计中比在 15.24 厘米或 20.32 厘米的涡轮计中更大。

测量筒 36 通常被安装在壳 22 的中心室 22A 内, 被安装在测量筒 36 上游端的测量转子 38 包括一些径向延伸的涡轮叶片 40, 这些叶片使测量转子以近似于正比于流过该壳 22 和入口整流装置 28 的气体速度的转速在一个方向转动。

测量转子 38 更详细地示于图 5 和图 6 中。涡轮叶片 40 有螺旋扭曲, 以减弱气流在叶片之间的相互作用, 因而改进了涡轮气量计 20 的性能。对于 45° 角的涡轮叶片来说, 螺旋扭曲的导程为 26.78 厘米, 平均螺旋角为 45° 。通过把桨角改变为 30° 可以增加转子 38 的容量。每个涡轮叶片 40 在其前缘都有一个圆角, 用作减小转子叶片的推进负荷。并且有助于防止灰尘积累在转子前面。包括转子叶片在内的转子可以用像铝那样的材料机械加工制成, 正如在本发明的优选实施例中那样, 或者用

像钢或不锈钢那样的材料机械加工。或者用模压塑料生产出来，或者用专业技术人员所希望的其它方法来制造。在用电感性邻近传感器传感转子转动的场合，正如下面提出的，转子必须用适当的金属而不是塑料制造。

特别参考图 1，测量转子 38 通过一系列齿轮和联接器被连接在计数器 46 上，计数器 46 在一组刻度盘上给出流过该涡轮气量计 20 的气量的机械指示。如图 2 所示，测量筒 36 和计数器 46 都被固定在一顶板 48 上。壳 22 包括一环形法兰 50，其直径与顶板 48 的直径一致，顶板 48 和法兰 50 中有一组孔，这些孔能使顶板 48 和法兰 50 用一组螺栓例如螺栓 52 固定在一起。

本发明的涡轮气量计 20 也包括一帶有整流装置 56 的参考筒 54，整流装置 56 有一些叶片 58。根据本发明的一个方面，进气整流装置 28 和参考筒 54 的整流装置形成恒定面积的两个通道。两个通道的面积是近似相等的。整流装置包括固定在套 60 上的叶片 58 以及一安装在叶片 58 径向端的管套 68。叶片 58 伸过套 60 的整个长度，因此，在叶片端和在套 60 下游端的参考转子 62 的前面之间设有混合区。在套 60 的整个长度上都有叶片 58 对套 60 的长度产生最佳流率调节。因为参考转子的转动是用电子装置探测的，所以在叶片端和参考转子 62 之间不需要混合室。由于没有混合室，在校准中由 K 因子曲线的大凸起造成的非线性是用电子装置进行修正的。涡轮气量计 20 是在涡轮计整个工作范围的 5 个或 5 个以上流率下和两个以上工作压力下进行校准的。并记录下任何给定流率条件下的相应 K 因子，虽然得到的性能曲线不是线性的，但它们是已知的，并且是可重复的，因此可以通过参考转子 62 的测量转速，在确定的气体流率的电子计算中乘个系数。

整流装置 56 是使参考转子 62 与测量转子 38 分离。因此，参考转子 62 的转子与测量转子 38 无关，与整流装置 28 一样，整流装置 56 也有 16 个叶片。该装置是由填充 30%玻璃的乙缩醛模压制成的。

根据本发明的另一个方面，一管套 68 延伸在整个参考转子 62 的涡轮叶片 64 的范围上，参考转子 62 用轴 66 安装在参考筒 54 的下游端。因此，在转子叶片 64 和转子叶尖间隙周围的环形通道的临界流率区是由管套 68 控制的。转子叶片并不取决于涡轮计壳 22。这使得参考转子 62 可以在涡轮计外面分开进行校准，并在校准以后安装到一涡轮计壳中或从一涡轮计壳移到另一涡轮计壳，而不影响参考转子 62 的校准。

参考图 8、图 10 和图 11 可以更好地理解参考转子的结构。参考转子 62 的涡轮叶片 64 的叶距是这样的，叶片使参考转子以相反于测量转子 38 转动方向的方向转动。可以这样选择涡轮叶片 64 的定向角，使得参考转子 62 的转动速率低于测量转

子 38 的转动速率。通常目的在于使参考转子 62 及其轴承上产生的磨损小于测量转子 38 及其轴承上的，以便使参考转子 62 失效的可能性小于测量转子 38 失效的可能性。在根据本发明制造的 10.2 厘米涡轮计中，将轴承寿命最长的参考转子的桨角定为 18.5° ，这一桨角也被选为 15.24 厘米和 20.32 厘米涡轮计的桨角。不同尺寸涡轮计的最佳桨角预计在略大和略小于 18.5° 的范围内变化。对于一定的气体流量，桨角为 18.5° 的参考转子 62 的转速是以 45° 角安装涡轮叶片的测量转子 38 转速的 $1/3$ 。在测量转子有 30° 角的涡轮叶片组的情况下，有 18.5° 角涡轮叶片组的参考转子的转速则为测量转子转速的 $1/2$ 。

在该优选实施例中，选择参考转子 62 与测量转子有相同的叶片数，即 14 个。像测量转子 38 那样，参考转子 62 可以由像铝那样的金属，或者钢、或者不锈钢机械加工而成，或者由塑料模压制成，或者用其它按技术人员的选择的方法制造。正如上面指出的那样，当用电感性传感器传感转子的转动时，必须用一种合适的金属制造转子。参考图 10，涡轮叶片 64 的圆形前沿 65 类似于测量转子涡轮叶片 40 的前沿 42。

如图 8 所示，参考转子 62 用一螺栓 65 固定在转子轴 66 上，螺栓 65 设有的螺纹与在转子轴 66 的下游端的那些螺纹相配，一垫片 67 被放置在螺栓 65 和参考转子 62 的内套之间。一轴承座 70 被安装在套 60 内，以便夹持支撑轴 66，因而支撑参考转子 62 的轴承 72 和 74。相对测量筒 36 而言，参考筒 54 应保持小的故障率。因此，轴承 72 和 74 的轴承系统可靠性应高于轴承 76 和 78 的可靠性，如图 7 所示，轴承 76 和 78 用于支撑测量转子 38。在本发明的一个优选实施例中，图 8 所示的参考转子轴承 72 和 74 均为混合陶瓷轴承，轴承滚珠是氮化硅的，保持架是酚醛的，并且轴承 72 和 74 是用低粘度的 NYE RHEOLUBE 719-M 润滑脂永久性润滑的，这种润滑脂是新贝德福 (NEW BEDFORD, MA02742) 的 NYE 润滑剂公司制造的。据说，对于正常工作，酚醛保持架比惯用不锈钢带保持架需要的润滑脂少。使轴承 72 和 74 永久性地润滑。由于不需要维修，也就降低了参考筒的故障率，而且轴承 72 和 74 也不会因为没有再往轴承内注油而发生故障。适当的混合陶瓷轴承是由新罕普什尔州的贝德福新罕普什尔滚珠轴承公司制造的。

预计，结合激励磁性轴承的磁性轴承组件将可能是参考转子 62 的另一种长寿命轴承。

套 60 的内腔必须按高精度公差来机械加工，以使轴承座 70 与套 60 具有紧配合。这就保证了参考转子 62 和参考筒 54 的其余构件之间是真正同心的。轴承座 70 是由如铝那样的适当硬金属制造，且也按高精度公差机械加工。轴承座 70 包括一中

心圆柱孔，该圆柱孔夹持轴承 72 和 74 以及参考转子 66。一轴承座盖 69 被安装在轴承座 70 的上游端，而一防尘罩 71 则被安装在轴承座 70 的下游端，使之与转子 62 一起转动。轴承座盖 69 有一抬肩延伸部分，该部分装进轴承座 70 的中心孔内，在轴承座盖 69 的中心处孔内制有螺纹，将轴承座盖 69 用 3 个螺栓固定到轴承座 70 上，其中一个螺栓以螺栓 73 示出。套 60 的上游端用一有中心孔的盖板 59 封闭，在中心孔内装有一通气管 61。在盖板 59 和套 60 的上游端之间装有一贝氏（BELLVILLE）垫圈 63。下面对盖板 59、通气管 61 和贝氏垫圈 63 的作用作更充分的说明。防尘罩 71 有一装入轴承座 70 的双抬肩 71A。该双抬肩 71A 的一部分装入轴承 72 的座圈和转子轴 66 之间，使防尘罩 71 与转子 62 一起转动。改锥可以穿过轴承座 70 中的孔被插入转子轴 66 上游端的槽 75 中。一平头螺栓 77 穿过套 60 的上游端被插入轴承座盖 69 的螺纹中，以使轴承座 70 保持在套 60 上游端的应有位置，防止轴承座 70 与参考转子 62 一起转动。这个平头螺栓 77 也有助于防止灰尘进入轴承 74。该平头螺栓有一小的中心孔 77a，该孔 77a 可以释放由于轴承 72 和 74 转动所产生的任何热量和压力，而污染物进入轴承的危险是很小的。

由于参考轴承 72 和 74 都是自动润滑的，与以后对图 7 所述的主转子轴承 76 和 78 不同，不需往轴承 72 和 74 中加润滑剂。包括轴承座盖 69、轴承座 70、防尘罩 71 和平头螺栓 77 的整个轴承座组件形成一相当牢固的结构，这一结构围住参考转子轴承，因而保护轴承免受污染，同时保证这些轴承因而保证参考转子 62 的安装是牢固的。

为了能用电子装置测定涡轮气量计 20 的容量，涡轮计必须包括一响应于测量转子 38 转动的测量信号发生器，以产生包括一系列脉冲的测量信号，脉冲的频率正比于测量转子的转速。同样，为了能够用参考转子 62 测定流过涡轮气量计的气体容量，该涡轮气量计还必须包括一响应于参考转子 62 转动的参考信号发生器，以产生包括一系列脉冲的参考信号，脉冲频率正比于参考转子的转速。可以采用能实现这一功能的任何类型信号发生器来测量转子 38 和参考转子 62 的转速。适当的信号发生器可以采用永久磁铁的霍尔效应传感器，响应于磁场变化的维根（Whiegan）脉冲发生器，电感邻近装置，红外探测器等。专业技术人员会认识到，其中一些传感器能够响应于通过这些传感器的涡轮转子叶片的转动。这些探测器也可能响应于定时盘或一些其它机构，这些机构与测量转子一起转动，此时通过采用各种各样的传动齿轮装置和联接器或者采用转子结构内的一些孔，或者采用本身就安装在测量转子结构上的构件，在本发明的一个优选实施例中，选择电感邻近传感器来探测转子的转速。参考图 3，在壳 80 中装有一产生测量信号的电感邻近传感器，测量信号

的频率正比于测量转子 38 的转速，壳 80 被安装在涡轮计壳 22 内靠近测量转子 32 的涡轮叶片 40 的区域，在壳 82 中装有一产生参考信号的电感邻近传感器，信号频率正比于参考转子 62 的转速，如图 1 所示，壳 82 被安装在涡轮计壳 22 靠近涡轮叶片 64 的区域，两个电感邻近传感器相互成 135° 角安置，以使测量筒能够从涡轮计 20 的顶部取出。

当转子叶片的叶尖通过传感器的探测范围内时，电感邻近传感器可以探测到转子叶片的叶尖，使用电感邻近传感器比探测转子转速的其它方法有以下一些优点：

- 1、如果转子叶片被弯曲或缺少，传感器会探测出毛病来。在其它类型的转动传感器中，例如上面提出的那些，弯曲或缺少涡轮叶片是探测不到的。
- 2、这种探测方法不会对转子产生任何阻碍。

在本发明的优选实施例中采用的那种传感器的最高频率约为 1500 赫兹。传感器是这样安装在涡轮计壳中的，使其可以取出检修，而不需取出测量筒 36。另外，电感邻近传感器不受被测气流中的灰尘或液体的影响，NJ 1.5 10GM-N-Y0741 型传感器是一适用的电感邻近传感器，该传感器是设在俄亥俄 44087-2202 土温斯堡 (TWINSBURG) 的皮伯尔和福斯公司 (PEPPERL & FUCHS INC.) 制造和销售的。

参考图 12 和图 13 可以看到邻近传感器的一种安装方式。在壳 80 中装有一邻近传感器 84。电线 86 从邻近传感器 84 拉到一处理脉冲的信号处理器，脉冲是当图 1 和图 2 所示的测量转子 38 的涡轮叶片 40 通过该邻近传感器时产生的。该传感器被拧入传感器壳内，然后把树脂灌入壳内使其加压密封。

自校涡轮气量计的基本工作前提是，由参考转子角速度确定的体积流率是实际流率。换句话说，假定参考转子是 100%精确的，因此影响上游测量转子性能的因素，如机械摩擦和漩涡之类气流扰动的变化，非对称的速度分布和脉动气流都不会影响下游转子。另外，假定，在现场使用一段时间后，参考转子的性能与原始校准的性能没有变化。即参考转子能完成校准其它流率计所用的标准仪器的功能。通过以下设计特征使参考转子相对测量转子的故障率和误差率大大降低，证明这一假设是正确的。这些特点是：

- 1、参考转子是自由运转的，而没有任何其它通常被测量转子驱动的蜗杆和蜗轮组，齿轮系、机械指针或校正器所产生的附加机械负载。
- 2、由参考整流器提供的额外流率调节减少由于上游气流扰动所引起的参考转子误差率。
- 3、因为参考转子的桨角较小而可这样来设计，使参考转子以慢于测量转子的速度转动，这样，因为较低的转子转速和较低的推力负荷，使转子轴承的

磨损较小。

- 4、可以用一种陶瓷材料氮化硅制造参考转子的滚珠轴承，这种材料的磨损不像一般用于负荷较重侧量转子的不锈钢轴承那么快，这些混合陶瓷轴承的工作寿命至少是惯用不锈钢轴承的三倍。除此之外，这种类型的轴承是永久润滑的，所以不需要定期维修，因而不会由于没有执行定期维修而发生故障。另外，可以用相当牢固的结构围住自动润滑轴承，以便保护轴承免受污染。

参考转子筒的另一个选择是结合一激励可控的磁性轴承系统。因为磁性轴承不会磨损且不受气流中污染的影响，所以这一系统会进一步减少参考筒的故障。

信号处理器

根据本发明的一个方面制成的信号处理器 88 的方框图示于图 13 中。可以先将位于壳 80 和 82 中的邻近传感器所产生的测量信号 $f_{\text{测量}}$ 和参考信号 $f_{\text{参考}}$ 分别放大或者说增大到使这两个信号可以被所选择的信号处理器利用。举例来说，信号可以具有任何要求的形状，例如使信号成为矩形脉冲，然后把测量信号和参考信号耦合到信号处理器 88 的分频器 90 中，分频器 90 测定这两个信号的频率，并用 $f_{\text{参考}}$ 除 $f_{\text{测量}}$ 。根据上面的方程 (1)，通过使用一定标器 92 使商 $f_{\text{测量}} / f_{\text{参考}}$ 乘以在涡轮气量计 20 的特定工作条件下的测量的 $(K_{\text{参考}} / K_{\text{测量}}) * \text{精度}_{\text{校准}}$ ，正如由方程 (11) 所看到的，结果：

$$\left(\frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \cdot \text{精度}_{\text{校准}} \right) \cdot \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}}$$

是涡轮气量计 20 的精度测定，这个精度可以显示或记录在精度指示器 94 上，例如一仪器上或图表纸上，或者记录在计算机存储器的数据存储媒体上。

气路操作员要知道，有些州的法律和法规要求气路操作员定期确定，涡轮气量计的构件是否已磨损到使涡轮计的精度到了很低的程度，即必须要更换的程度。因此，信号处理器 88 包括一原始校准功能 96，它产生涡轮气量计 20 在现行测量工作条件下的原始校准精度的机械输出。一比较器 98 对涡轮计 20 的原始精度与测量精度进行比较。在我们的优选实施例，比较器 98 由原始校准功能 96 获得的精度_{校准}中减去定标器 92 产生的测量精度，以便产生误差指示。

$$\text{精度}_{\text{校准}} = \left[1 - \frac{K_{\text{参考}}}{K_{\text{测量}}} \cdot \frac{f_{\text{测量}}}{f_{\text{参考}}} \right]$$

精度偏差指示器 100 按照高于还是低于原始精度来确定，所测量的精度是否已

在任何一个范围偏离了一个等于到大于—预选的偏差量，在图 13 中表示来自比较器 98 的误差指示绝对值。如果精度的偏差量大于预选量，那么故障报警器 102 被激励，以便通知管路操作员关于偏差的情况，偏差是显示在适当的仪器上或图表上或者数据储存媒体上。

另外，信号处理器 88 可以指示就如由图 1 所示的测量转子 38 和参考转子 62 所测量的涡轮气量计的现行流率。测量信号 $f_{\text{测量}}$ 被耦合到定标 104，用适合于多数工作条件下的测量转子的 K 因子 $K_{\text{测量}}$ 除测量转子的频率，以便按上面的公式 (4) 获得流率。用测量流率指示器 106 可以显示或记录这一流率。流率本身可以用数字指示，或者表示在图上，或者用一种仪器的指针表示流率也可以用如同涡轮气量计 20 的容量百分数方式表示。这种流率的测量方法可以用于最初在被测试涡轮计的现行工作压力下设置各种流率，涡轮计的精度就是在该压力下被校准的。

同样，参考信号 $f_{\text{参考}}$ 被耦合到一定标器 108 中，核定标器用涡轮气量计 20 现行工作条件下的参考转子的 K 因子即 $K_{\text{参考}}$ 除该信号频率，以便确定由参考转子 62 指示的气体流率，由参考转子 62 测到的流率也可以被参考流率指示器 110 显示为其数字项，或者显示为涡轮气量计 20 容量的百分数。而且，在用一传感器，例如一电磁感应邻近传感器，传感器探测转子每个涡轮叶片的通过。产生测量信号和/或参考信号的情况下，所得到的信号可以显示在适当的图表纸上或屏幕上，所以可以对这些信号进行检查。

在每次测试中用人工往信号处理器中输入一些个别数据的另一种方法是，如果有计算机的话，可以把各种流率条件下的 K 因子和校准精度表储存在计算机的数据库中，并且在测量时当流率确定后再自动调出来。本专业技术人员也会认识到，可以用在测试时间间隔内测量从两个转子汇集的脉冲总数代替测量这两个转子的频率，这时测量的量是流过涡轮计的总量而不是涡轮计的流率。另外，可以用参考频率被测量频率除的比代替方程 (11) 中 K 因子的比。这一替代应用了上面方程 (4) 的原理，方程 (4) 表示频率与校准时测量的 K 因子之间的倒数关系。这两个频率的数值都是在管道压力下和在涡轮计被校准时多数出现的流率下校准时被测量的。或者专业技术人员只能够产生一以管道雷诺数为变量的测量 K 因子和参考 K 因子的最佳拟合方程，雷诺数是管道中气体的惯性力与粘滞力之比。

专业技术人员会认识到，可用许多不同形式设置图 13 所示的信号处理器 88，例如，可以通过硬件实现的电路来设置，仅举例说明，可以采用带有一稳压电源的高分辨率可编程序 225 兆赫的定时器/计数器，例如可以采用飞利浦斯 (PHILLIPS) PM6680 定时器/计数器，由华盛顿 98206，埃弗里特邮箱 9090 的约翰法路基 (JOHN

FLUKE) 制造公司制造的, 可以在示波器上监测来自测量转子叶片的信号。另外, 信号处理器 88 可以通过安装在涡轮气量计上并由涡轮计测量转子的机械输出驱动的专用电子流率计算机来设置。例如, 该处理器可以包含在气体工业当前采用的计算机中, 例如宾夕法尼亚的伊利的美国仪表公司出售的系列 AE500 涡轮计, 它用微处理器记录, 存储和/或传送有关流过涡轮气量计气体的数据, 这些气量计用于配气, 气体管道输送和气体生产。可以安排用电子电路或适当的计算机定期校验被监测的涡轮气量计的精度, 并把不希望有的涡轮气量计精度变化传给用户, 如果已经确定了这一变化的话。另一方法是, 根据本发明涡轮气量计的精度测量值可以记录或储存在计算机储存媒体中, 并在以后传送, 或反之当用户需要时自己提取。

对于本发明的许多应用来说, 预计涡轮气量计的用户会买的一些涡轮机具有两个独立地转动的转子, 这两个转子适合于连接到根据本发明所设计的信号处理器上。不过仅用一个信号处理器校准多台涡轮计的精度并储存校准结果, 以备后用。

图 14 表示本发明的一优选实施例, 在这一实施例中, 信号处理器 88 的功能均由一与涡轮计本身分开的计算机, 例如笔记本计算机 109 来完成, 为了根据本发明进行工作, 所需的任何类型计算机程序都可以使用适合于该程序的程序设计语言。在该优选实施例中, 笔记本计算机 109 采用了一种软件程序, 该软件程序是由 LABVIEW® 程序开发系统编制的, 由德克萨斯 78730-5039 的奥斯丁国家仪器公司出售。该程序是用图形程序设计语言 G 编写的, 它包括使用 LABVIEW® 驱动器软件, 和为了使软件由软磁盘, 扩大到笔记本计算机而采用的人们熟知的 PKUNZIP 通用软件程序。所开发出的程序需要两个 1.44 兆位组的软盘。使用 LABVIEW® 软件的笔记本计算机 109 必须至少有 16 兆位组的随机存取储存器和一 486 硬驱动器。该计算机中也必须有 WINDOWS3.1 或 WINDOWS95 操作系统。

机壳 80 和 82 中的邻近传感器通过纤维光缆 110 及连接器 111 和纤维光缆 112 及连接器 113 被分别耦合到一具有全天候外壳 116 的笔记本校验仪 114 上。校验仪 114 内的构件在图 15、16 和 17 中得到较充分的说明。校验仪 114 的用途是放大和形成来自邻近传感器的信号, 使这些信号能用于信号处理器的比较。校验仪 114 把测量转子 38 和参考转子 62 的涡轮叶片通过壳 80 和 82 中的邻近传感器时所产生的低电压正弦波信号转换为能被笔记本计算机 109 处理的方波信号。来自笔记本校验仪 114 的方波信号通过屏蔽扁电缆 118 和数据采集卡 120 被耦合到笔记本计算机 109。在该优选实施例中, 数据采集卡 120 是由德克萨斯 78730-5039, 奥斯丁国家仪器公司出售的 DAQ 卡 700, 该卡包含一与笔记本计算机一起使用的 8253 计算机芯片。

笔记本校验仪 114 和计算机 109 对测量转子 38 的输出进行精度检查, 测量转子的输出是由计数器 46 或其它类型的气体流率测量机构测定的。由于笔记本校验仪 114 和计算机 109 是便携式的, 所以它们可以联合使用检查精度或校验若干具有一对独立转动转子的涡轮气量计。在该优选实施例中, 光缆 110 和 112 至少有 6.096 米长, 以保证可以将笔记本校验仪 114 和计算机 109 放置在危险区之外, 即绕涡轮气量计 20 半径为 4.57 米的范围之外。光缆 110 和 112 与涡轮计 20 和笔记本校验仪 114 有快速接头, 这些快速接头光缆能迅速连接和断开, 以方便用户。

参考图 15 和图 16, 笔记本校验仪 114 基本上包含一变压器绝缘板 122、一 24 伏的电池 124、一对稳压二极管 126 和一对电阻 128。笔记本校验仪 114 还设有接线条 130 和 132, 以方便于笔记本校验仪 114 中由电元件构成的电路接线, 也方便于通过电缆 118 把它们耦合到数据采集卡 120。图 14 中所示, 来自光缆 110 的测量信号通过连接器 111 的插座和电线 134 耦合到变压器接线条 136 的两个接线柱上, 接线条 136 则被连接到变压器绝缘板 122 的一侧。同样, 图 14 中所示, 来自光缆 112 的参考信号通过连接器 113 的插座和电线 138 连接到变压器接线条 136 的两个分开的接线柱上。

变压器接线条 140 被配置在变压器绝缘隔板 122 的另一侧, 该变压器绝缘隔板是双通道的, 每个通道都有一个有源晶体管, 由位于俄亥俄 44087-2202 土温斯堡的皮柏尔和福克斯公司出售, 其件号为 KFD2-ST-EX2。如图 14 所示, 它接收来自安装在壳 80 和 82 中的邻近传感器的低电压正弦波参考信号和低电压正弦波测量信号。它把正弦波信号放大到 22 伏, 并把正弦波信号转换成矩形的脉冲信号。变压器绝缘隔板还设有一安全绝缘层, 以消除来自电池的 124 的较高电压电源进到涡轮气量计壳 80 和 82 中邻近传感器的可能性。

来自接线条 140 的正弦波测量输出信号和参考输出信号通过电线 142 耦合到接线条 130, 在这里, 两个信号的每一个信号通过电阻的 128 的一个电阻连接到稳压二极管 126 中的一个稳压二极管的一端, 所得到的电路更清楚地示于图 17 的线路图中, 在该优选实施例中, 电池 124 是一 24 伏的 763 号埃费雷地 (EVEREADY) 电池, 在负荷下, 其接线柱端电压约为 22.5 伏。如图 16 所示, 该电池通过电线 144 被连接到邻近变压器接线条 140 的变压器绝缘隔板一接线柱上, 并通过电线 145 连接到公共地线上。两个稳压二极管 126 中每个管的一侧也被连接到公共地线上。两个稳压二极管 126 产生测量信号和参考信号的两个 5 伏方波, 这两个方波通过接线条 146 被耦合到图 14 所示的屏蔽扁电缆 118 和数据采集卡 120 上, 5 伏信号保证数据采集卡 120 不会被损坏。

在本发明的图 18 和图 19 所示该优选实施例中，就分析来自涡轮气量计 20 并通过笔记本校验仪 114 接收的测量信号和参考信号来说在 LABVIEW®程序中使用两个模拟输入通道，一个数字输入通道和数据采集卡 120 的三个计数器/定时器。分析包括把由测量转子为 38 的叶片 40 或参考转子 62 的叶片（示于图 1）中产生的方波模拟信号显示在带式记录纸上或计算机终端屏幕上或其它方便的显示装置或媒体上，以及利用测量信号和参考信号的频率测量数据来确定测量转子的精度和两个转子的流率。显示这些信号的目的是可以使笔记本计算机 109 的操作员是来对其检查，以确定例如两个信号在空间上或在其周期上是否不对称，不对称表示一个特定转子上的一个或多个叶片可能已经损坏；或者显示的信号在空间上或其周期上是否有变化，变化表示由于某种条件例如气路中的脉动气流或通-断气流，使转子的转速不稳定。

LABVIEW®程序开发系统用图形编程语言 G 编制如图 18 所示的方框图形式的程序。为了说明编程的动作，LABVIEW®程序的源码依赖于图形符号而不是文本语言。对于大多数编程任务，LABVIEW®系统有表示功能和子程序的多种图符库，另外，可以依靠国家仪表公司雇用的 LABVIEW®应用工程师提供一些手头上的 LABVIEW®库中没有的功能元件和子程序，这些工程师精通于开发 LABVIEW®程序。

LABVIEW®程序被称作虚拟仪器（“VI”），因为其每个程序都包括一前面板，如图 19 中所示的前面板，前面板与其方框图源编码的码元有关联，方框图源码表示在图 18 上。LABVIEW®程序操作员在计算机终端屏幕上观看和操作图 19 所示的前面板，而不看、不用或者不必有源码图。可以用类似于使用实际仪器的方法来操纵前面板上所示的开关，按钮和表盘，除非开关、按钮和表盘是用计算机屏幕上的计算机的鼠标来操纵的。可以由操作人员通过使用计算机鼠标和用 LABVIEW®程序开发系统提供的说明书所述的技术输入前面板左上角的数据输入区。正如由图 19 可看到的，要输入到图中的数据包括涡轮计的尺寸，涡轮计和测量筒以及参考筒的序号，参考筒被称作标准仪。操作人员还必须输入在测试流率条件下校准的机械指针的精度，在测试流率条件下测量转子和参考转子的 K 因子和精度变化的误差极限。如果校准精度和根据本发明测量的精度之差大于误差极限，那么在图 19 右下角的涡轮计状态指示将指出，误差已经超过了所允许的误差极限。

更具体地参考图 18，LABVIEW®程序被分为三部分：一方波跟踪程序 160，一测量转子流率程序 162 和一精度测量程序 164。三个程序中的每个程序都被框在一个黑色矩形框里，并被称作“当型”（While）循环，用一组合的文件夹图符示于

左上角的“循环”166包括ICTR控制168。ICTR控制168确保三个“当型”循环160、162和164以正确的顺序工作。该ICTR控制利用包含在8253计算机芯片中的一个计数器/定时器来确定“当型”循环160、162和164内各种功能的时间顺序，于此文中已被列入参考文献，8253计算机芯片包括在数据采集卡120中。其内有“N”字母的小框170是“循环”循环的一部分，该框170接收一数字，这样在框172中示有数字4，表示在整个程序中有4个基本循环，包括“循环”（FOR）循环166和“当型”循环160、162和164，框171中所示的数字1被耦合到数据采集卡120，数字1本身表示只用了一个数据采集卡，在“循环”循环166和“当型”循环160、162和164的每个循环中都包括一交互终端174，以计每个循环已经完成其特定功能的次数，复位端钮176可用于把所有功能设置为零或缺省状态。LABVIEW®程序有能力把输入到程序的各种数值复位到程序用户所选择的缺省值。当按下复位端钮176，数据输入表中的所有数值都输入缺省值或输入已经设置要取代缺省值的某些新数值。

在“循环”循环166的右边示有一组共三个输入端钮，它包括涡轮计序号端钮178，测量筒序号端钮180和标准仪器序号端钮182，这些端钮使用户能在所进行的测试中根据序号辨认正在被测试的涡轮气量计体，正在被测试的测量筒和正在被用作测试标准的参考筒。参考图19，这三个端钮作为涡轮计序号控制178A，测量筒序号控制180A和标准序号控制182A示于LABVIEW®程序的前面板上。

方波“当型”循环160包括一方波跟踪子程序184，用于采集方波模拟测量信号或参考信号，这些信号来自图14中所示的数据采集卡120的8253芯片，子程序184是国家仪表公司的应用工程师提供的，已被列入参考的程序184被国家仪表公司称作Acquire N Scan-SW Trig，用于在获得信号后把模拟信号显示在端钮186上，不过，专业技术人员为此用途设计的任何程序都是令人满意的。

方波“当型”循环160还包括参考信号循环188和测量信号循环190，以及一乒乓开关192，该开关可以假设“真”或“伪”的状态，虽然循环188和190是分开表示的，但是这两个循环通过连器194耦合到方波跟踪子程序184一终端。在参考信号循环188内，框195内的数字表示数据采集卡120的通道“1”是通过参考信号循环188耦合的，以便为方波跟踪子程序188提供参考信号，框196中的数字2100代表一控制扫描速率的定标器。“伪”框198指示乒乓开关192必须处在其“伪”模式内，以便使参考信号通过参考信号循环188连接到方波跟踪子程序184。

测量信号循环190包括其内数字为“0”的框200，这表示，循环190被连接到数据采集卡120的通道“0”以便接收测量信号。在框202中的数字7500表示一

控制外部定时器扫描速率的定标器。测量信号循环 190 的扫描速率高于参考信号循环 188 的扫描速率，因为在本发明的实施例中，测量转子的转速高于参考转子的转速。“真”框 204 指示，乒乓开关 192 必须处在其“真”的模式，以便使测量信号循环 190 通过连接器 194 连接到方波跟踪子程序 184。

ICTR 控制 168 由国家仪表公司的应用工程师设置成这样，使得在任何时候，无论被监测的转子转得多么快，代表测量转子或参考转子的每个涡轮叶片的 14 个顺序脉冲都出现在图 19 所示的带状记录纸上，乒乓开关 192 相应于计算机的鼠标激励开关 192A，在图 19 中，该开关示于显示记录纸 186A 的旁边，因此，当开关 192A 被拨到其上边位置或“主要”位置时，图 18 中的开关 192 就处在其“真”位置上。因此，来自被测涡轮气量计测量转子的测量信号通过测量信号循环 190 和连接器 194 耦合到方波跟踪程序 184。在显示终端 186 和图 19 的显示记录纸 186A 上就产生 14 个脉冲，这些脉冲代表由测量转子的每个叶片所产生的信号。同样，如果开关 192A 被拨到其下边的位置，那么图 18 的状态结构 192 就处在其“伪”的模式，这使得参考信号通过参考信号循环 188 和连接器 199 连接器 194 耦合到方波跟踪程序 184。然后在显示终端 186 上和在图 19 的显示记录纸 186A 上就产生 14 个代表每个参考转子叶片的脉冲。

乒乓开关 206 被连接到“运行”图符 208 上就指示，当乒乓开关 206 处于“真”模式时，只要“当型”循环 162 和 164 的相应“运行”乒乓开关都不处在其“真”模式上，方波“当型”循环 160 就一直运行。当乒乓开关 206 处在“伪”模式时，它是开关的缺省模式，“当型”循环 160 不运行，在“当型”循环 162 和 164 中的每个相应“运行”乒乓开关都以相同的方式操纵和控制其“当型”循环。因此，乒乓开关 210 被连接到运行图符 212 上，以指示当乒乓开关 210 处在其“真”模式上，流率“当型”循环 162 就处于运转状态，乒乓开关 210 的缺省模式是“伪”，因而它不能转换到“真”模式使“当型”循环 162 运转，除非“当型”循环 160 的乒乓开关 206 处在其“伪”的位置和连接到精度测量“当型”循环 164 的运行图符 216 的乒乓开关 214 处在其“伪”的位置上。乒乓开关 214 的工作也是如此。

在 LABVIEW®程序的运行过程中，在确定测量转子的精度之前，操作人员首先测定测量转子的流率，然后以转子容量百分数的形式，设置这一流率。其目的是测定一个或多个流率，然后把相对已测定流率下的精度_{校准}， $K_{\text{测量}}$ 和 $K_{\text{参考}}$ 输入程序，使精度的计算能够进行。这正是图 18 所示的流率“当型”循环 162 的目的。

流率“当型”循环 162 包括一被连接到除法功能元件分子上的“速频”(Quick Freqs) VI子程序 218。“速频”子程序 218 是国家仪表公司的应用工程师专门为测

量测量信号和参考信号两个信号的频率编写的，该程序和用在 DA Q Card 700 数据采集卡 120 中的 8253 计算机芯片一起可以公开的从 AMER METVI 4/96 指定的国家仪表公司买到，并且已被列入本文参考。该程序不能用于采用其他形式计算机芯片，例如通用 9513 芯片的数据采集卡。专业技术人员可以编写频率测量程序来满足任何计算机芯片或使用其它设备的需要。“速频”子程序较大，而且需要占用相当多的处理机时间。已经设定，在 5 秒内从测量信号和参考信号两个信号中获取脉冲，然后利用 DA Q Card 700 中的三个计算器/定时器对两个这些方波信号的频率进行计算。正如下面更清楚的描述那样，“速频”子程序还用在精度测量的“当型”循环 164 中。

测量转子的 K 因子 $K_{\text{测量}}$ 是通过被连接在除法功能元件 220 分母上的终端 222 输入程序。终端 222 相当于图 19 中所示的 K_m 控制 222A。

除法功能元件 220 的商数 $f_{\text{测量}}/K_{\text{测量}}$ 被连接到乘法功能元件 224 的一个终端。正如从上面方程式 (4) 可以看到的，除法功能元件 220 产生由被测涡轮气量计的测量转子确定的流率。但是，在本发明的优选实施例中，最好用涡轮计容量的百分数来表示流率，容量是用每小时若干 28.3 立方米量度的。因此，为了按每小时若干 28.3 立方米的流率量度，把数为 3.6 的因子 226 连接到乘法功能元件 224 的另一个终端。所得到的乘积通过连接器 228 被耦合到除法功能元件 230 的分子端。

流率“当型”循环的平衡被确认为涡轮计尺寸子程序 232，并产生一数字，该数字通过连接器 234 被耦合到除法功能元件 230 的分母上，以便把每小时若干 28.3 立方米计的测量转子流率测量数值转换为表示特定涡轮计容量的百分数。子程序 232 包括一涡轮计尺寸终端 236，该终端 236 通过连接器 238 被耦合到比较器功能元件 240 的上端。含有数字 7 的框 242 被连接到比较器功能元件 240 的下端。同样，涡轮计尺寸终端 236 通过连接器 244 被耦合到比较器功能元件 246 的上端。包含数字 9 的框 248 被耦合到比较器功能元件 246 的下端。另外，涡轮计尺寸终端 236 通过连接器 250 被耦合到比较器功能元件 252 的下端。包含数字 5 的框 254 被连接到比较器功能元件 252 的上端。

比较器功能元件 240、246 和 252 的运算方式是这样的，如果其上端的数字小于其下端的数字，那么输出将是“T”，表示条件正确，但是，如果其上端的数字大于其下端的数字，那么输出将是“F”，表示条件是不正确的。

涡轮计尺寸子程序 232 还包括三个选择功能元件 256、258 和 260。每个选择功能元件都有一表示为“？”的输入端，以及一标有“T”的上输出端，用于指示，如果其输入端的条件为“真”，那么耦合到选择功能元件该区域的数值将成为输出。

每个选择功能元件还包括一下“F”端，其作用是这样的，如果选择功能元件输入端的条件是“伪”，那么在这个终端的数值将成为选择功能元件的输出。

比较器功能元件 252 的输出被耦合，或者用 LABVIEW®系统的术语“用线接”到选择功能元件 256 的输入端。包含数字 0.3 的框 262 被用线接到选择器 256 的“T”端，而包含数字 0.18 的框 264 则被用线接到选择功能元件 256 的“F”端，且比较器 240 的输出被用线接到选择功能元件 258 的输入端，同样，选择功能元件 256 的输出被用线接到选择功能元件 258 的“T”端，而包含数字 0.6 的框 266 则被连接到选择功能元件 258 的“F”端。另外，比较器 246 的输出被用线接到选择功能元件 260 的输入端，同时选择器 258 的输出被用线接到选择器 260 的“T”端，含有数字 1.5 的框 268 被用线接到选择器 260 的“F”端。选择器 260 的输出通过连接器 234 被用线接到除法功能元件 230 的分母。除法功能元件 230 的商被用线接到涡轮计容量百分数端 270。

参考图 19 和图 18，“按压设置流率”按钮 210A 相当于乒乓开关 210，并用计算机鼠标执行其“真”模式，以便在适当的数据被输进“数据输入表”之后接通流率“当型”循环 162。前面板左上角的涡轮计尺寸输入端 236A 相应于流率“当型”循环 162 的涡轮计尺寸端 236。在测试开始之前，操作人员先把被测涡轮气量计的尺寸输进涡轮计尺寸输入端 236A，再参考图 19 的前面板，%涡轮计容量指示器 270A 相应于涡轮计容量的百分数端 270，并示出占涡轮计最大容量的百分数的数字，最大容量是通过测定被测涡轮气量计的转子而测定的。涡轮计最大容量百分数也表示在涡轮计容量百分数表盘 270B 上。

在流率“当型”循环 162 运行之前，操作人员还必须输进在被测试的涡轮计流率下的 $K_{\text{测量}}$ 的数值。必须把被测涡轮气量计的实际流率调节到所希望测试的涡轮气量计的流率，正如指示器 270A 和指针盘 270B 所示的。

启动乒乓开关 210 使流率“当型”循环 162 开始运行，并且只要方波“当型”循环 160 的乒乓开关 206 和精度测量“当型”循环 164 中的乒乓开关 214 处在“伪”的状态下就一直运行下去。“速频”子程序 218 确定通过比较器 220 耦合的测量信号频率，以便提供被测涡轮气量计的流率。这一流率用乘法功能元件 224 乘以因子 3.6，通过连接器 228 用线接到除法功能元件 230 的分子上。

假定正被测试的是 15.24 厘米的涡轮计。数字 6 被输进图 19 的涡轮计尺寸输入端 236A，并通过图 18 的流率“当型”循环 162 的涡轮计尺寸端 236 用线接到比较器 240 的上端和比较器 252 的下端。由于框 254 的数字 5 小于 6，所以，比较器 252 的输出是“真”，这使框 262 的 0.3 通过选择器 256 的“T”端送或发到选择器 258

的“T”端。现在参考比较器 240，由于从涡轮计尺寸端 236 端收的 6 小于从框 242 接收的 7，所以比较器 240 的输出是“真”，这使选择器 258 有来自其“T”功能元件的输出 0.3，0.3 是从选择器 256 中接收到的。另外，比较器 246 从涡轮计尺寸端 236 接收的数字 6 小于从框 248 接收的 9，这使得比较器 246 的输出是“真”。由于选择功能元件 260 的输入状态是“真”，所以在选择功能元件 260 “T”端接收的数字 0.3 成为其输出，并通过连接器 234 送到除法功能元件 230 的分子上。当用每小时若干 28.3 立方米计的测量转子流率被 0.3 除时，测量转子的流率就是按该转子容量的百分数来表示了。

参考图 13 和图 18，频率测量器的功能由 Quick Fregs 子程序提供，而定标器 104 的功能则是由 K_{测量} 端 222 和比较器 220 联合提供的。流率“当型”循环 162 的平衡把测量的流率转换成所希望的标度，即优选实施中 28.3 立方米/小时，并输入要指示的量度类型，在该优选实施例中，即占被测涡轮计最大容量的百分数。

精度测量“当型”循环 164 确定被测涡轮气量计的精度，并把这精度指示提供给程序操作人员，提供与被测涡轮气量计原始标准精度的偏差指示，根据预选的误差极限提供被测涡轮气量计的故障指示，并测量流过参考转子的气体流率。利用平均频率功能元件 272 测量测量信号和参考信号的频率。这个功能是由表示在图 20 的“速频”子程序 281 加平均程序提供的。在平均频率功能元件 272 中，“速频”子程序 218 测量测量信号和参考信号的频率。平均频率功能元件 272 包括一“循环”循环 279 和一对标准偏差功能元件 218 和 283，该偏差功能元件 281 和 283 是由 LABVIEW®系统提供的，并用图 20 所示和图符表示。标准偏差功能元件能够完成一系列输入的标准偏差数字计算，例如一系列根据本发明提出的涡轮气量计的测量转子或参考转子频率测量值。上述计算结果是由标准偏差功能元件端耦合的，标准偏差功能元件用希腊字母 σ 表示。另外，标准偏差功能元件程序能够产生均值计算或一系列频率测量的平均值，此计算由用希腊字母 μ 标记的终端输出指示。在图 20 中，接线 273 和 277 分别被连接到标准偏差功能元件 281 和 283 的平均频率端。

参考“循环”循环 279 示有“速频”的子程序 218 用线接到框 285，框 285 表示测量信号和参考信号的输入，在图 18 中，这两个信号来自“循环”循环 166，交互端 174 完成的功能与图 18 所示的“循环”和“当型”循环中的每个循环的相同，其功能是确定执行其特殊功能的循环次数。N 框 287 被连接到其上有数字“5”的框 287A 上，指示测量信号和参考信号两个信号的 5 个分离采样通过“速频”子程序 218 程序供给到标准偏差功能元件 281 和 283，以完成平均频率功能元件的运行。

因此，在运行中，“速频”子程序 218 测量 5 秒内的测量信号和参考信号和脉

冲数。这两个信号 5 个连续采样的每个频率测量值都馈至其适当的标准偏差功能元件，对于参考信号来说，标准偏差功能元件是 281，对于测量信号来说，标准测量功能元件是 283。参考信号 5 次测量值的运行平均值是在导线 273 处在参考标准偏差功能元件 281 的 μ 端被接收。同样，测量信号频率的 5 次测量值的运行平均值是在连接在测量标准偏差功能元件 283 μ 端导线 277 处被接收。

现在参考图 18，测量信号的频率测量值通过导线 273 被送到除法功能元件 274 的分子上，同时 $K_{\text{测量}}$ 从 $K_{\text{测量}}$ 端 222 供给到除法功能元件 274 的分母端。输入到除法功能元件 274 的商，即流率 $f_{\text{测量}}/f_{\text{测量}}$ 被供给到除法功能元件 276 分子端。

参考信号的频率测量值 $f_{\text{参考}}$ 通过导线路 277 由平均功能元件 272 耦合到除法功能元件 278 的分子端。 $f_{\text{参考}}$ 也被耦合到除法功能元件 280 的分子端。 $K_{\text{参考}}$ 端 282 把在测试流率条件下参考转子的 K 因子的值供给到除法功能元件 278 的分母和除法功能元件 280 的分母。除法功能元件 280 的商 $f_{\text{参考}}/K_{\text{参考}}$ 被耦合到乘法器 283 的一个输入端，而值为 3.6 的框 284 则被耦合到乘法器的另一输入端。参考流率和 3.6 的乘积在参考流率端 284 提供一个以若干为 28.3 立方米/小时计的通过参考转子的流率测量值。流率的这一侧量值可能比由流率“当型”循环 162 提供的占涡轮计最大容量百分数的测量值更精确。其原因是两方面的。首先，正如前面所说明的，参考转子是以这样一种方式制造的，使参考转子受摩擦增加和构件损坏以及改变涡轮气量计精度的其它因素影响可能较小。另外，通过平均参考信号频率的 4 次连续测量值，使得平均频率功能元件 272 可以保证流率有更精确的测量值。

为了帮助确定被测涡轮气量计的精度，除法功能元件 278 的商被耦合到除法功能元件 276 的分母端，然后该除法功能元件 276 用参考转子的流率测量值除测量转子的流率测量值，并把这一商数耦合到乘法功能元件 286 的一端。校准精度端 288 从操作人员或从适当的数据库接收精度_{校准}的数值，然后把这一数值耦合到乘法功能元件 286 的第三个终端。因此，乘法功能元件 286 的输出就是被测涡轮气量计的机械输出或指针的精度测量值，正如上面的方法（11）所示的那样。这一精度测量值显示在测量精度端 290。

被测涡轮气量计的精度与校准时精度的变化由减法功能元件 292 确定，该减法功能元件 292 从终端 290 端接收精度测量值，并从终端 288 接收精度_{校准}的值。终端 294 接收来自减法功能元件 292 的校准精度与测量精度之差值。那个差值被耦合到绝对值功能元件 296，绝对值功能元件 296 把差值的绝对值提供给比较器 298 的一个终端。要求的误差极限是通过误差极限端 300 提供给比较器 298 的另一端。如果精度误差的绝对值大于要求的误差极限，比较器 298 就在终端 302 假设“T”或“真”

状态。如果精度误差的绝对值不大于误差极限，在终端 302 假设“F”，或“伪”状态，表示，被测涡轮气量计的精度测试结果仍是令人满意的。

再参考图 19 和图 18，图 19 所示的“虚拟仪器”操作员必须在输入控制器 282A 输入测试条件下的参考转子 K 因子的数值，控制器 282A 相应于 K_{参考} 终端 282，并且必须在控制器 288A 处输入测量转子在测试条件下的校准精度，控制器 288A 相应于终端 288。在控制器 300A 处输入要求的误差极限，该控制器 300A 相应于图 18 中的终端 300。

精度测量“当型”循环 164 的运算结果显示在图 19 中所示前面板左下角和右下部分。涡轮计精度的测量值表示在相应于精度测量终端 290 的指示器 290A 上。另外，精度的变化显示在相应于终端 294 的指示器 294A 上。由参考转子测量的流率显示在相应于参考流率终端 284 的指示器 284A 上。涡轮计相对要求误差极限的状态显示在相应于精度测量“当型”循环 164 终端 302 的指示器 302A 上。

图 19 所示的前面板上数据输入表上的所有数据都可以用计算机记录，可以用计算机记录的还有确定涡轮计精度时的容量的百分数，精度的确定结果以及涡轮计的状况。然后可以把这一信息传到另一数据库或包含在一报告中。

图 21 和 22 表示一“虚拟仪器”，在校准期间，它被用于确定其内具有两个独立转动涡轮气量计的测量转子和参考转子的 K 因子。根据上面的方程 (4)，流率 Q 等于在校准的特定点条件下测量的频率除以这些条件下测量的 K 因子。专业技术人员认识到，K 因子可以通过在校准时测量频率并提供精确测量的气体流率来确定，精确测量气体流率可以使用一些熟知的仪器，如报警校验仪，声波喷嘴校验仪或已知精度的类似仪器。图 21 和 22 所示的“虚拟仪器”测量参考频率和测量频率，并确定表明每个被测数据可靠还是不可靠的相对标准偏差。

“循环”循环 279 以及标准偏差功能元件 281 和 283 与图 20 所述的那些程序项相同。正如上面指出的，“循环”循环 279 用“速频”功能元件 218 测量 5 秒时间间隔的频率。“循环”循环 279 把参考信号的频率测量值提供给标准偏差功能元件 281 的输入端，并把这一频率测量值提供给标准偏差功能元件 283 的输入端。标准偏差功能元件 281 和 283 的每个都积累来自“速频”功能元件 218 的 5 个连续频率测量值。参考信号频率和 5 次测量值的平均值或连续平均值由标准偏差功能元件 281 的 μ 端传到参考频率端 289，然后传到除法功能元件 291 的分母上。同样，测量信号的 5 次频率测量值的均值或平均值由标准偏差功能元件 283 的 μ 端被传送到终端 293，然后被传送到除法功能元件 295 的分母上。

根据本发明的一个方面，用标准偏差功能元件 281 对参考信号频率的 5 个采样

标准差进行计算。也就是，标准偏差功能元件计算出参考信号 5 个测量值与 5 个测量值的均值偏差平方的均方根。这一计算值通过参考标准偏差端 297 用线接到除法功能元件 291 的分子上，在这里它被除以参考信号的频率测量值的均值或平均值。除法功能元件 291 的商在终端 299 提供参考信号 5 个测量值的相对标准偏差。正是由这个值确定，参考信号的 5 个测量值是否足够接近，以求从统计的观点来看该参考信号的这些测量值是可靠的。如果它们是足够接近的，那么应该用对频率所计算的均值或平均值与用于校准这一步骤的流率一起采用方程（4）来确定 K 因子。如果 5 个频率测量值的相对标准偏差显示信号接近不足，那么必须采用新的频率测量值。根据所进行的测试，如果相对标准偏差大于 0.2% 左右，那么，在这个校准点工作条件下的 K 因子计算中不应采用这个频率测量值。

同样，除法功能元件 295 的商为终端 301 提供测量信号 5 个采样频率的相对标准偏差。这个计算使操作人员能够确定，这些信号是否被配成使这个测量值是可靠的。

参考图 21，所示的前面板有一参考频率指示器 289A，该指示器 289A 显示来自图 20 中终端 289 的参考频率平均值，前面板还有一参考信号标准偏差指示器 297A。该指示器显示来自终端 297 的参考信号标准偏差测量值，前面板还有一相对参考标准偏差指示器 299A，该指示器 299A 显示终端 299 出现的测量参考信号的相对标准偏差。前面板还包括一测量频率指示器 293A，它相应于图 20 中的终端 293，一相应于终端 303 的测量信号标准偏差指示器 303A 和相应于终端 301 的测量信号 5 个测量值相对标准偏差指示器 301A。专业技术人员会认识到，在校准涡轮气量计的过程中可以使用图 21 所示的前面板来确定，在涡轮计的校准期间用于计算涡轮计 K 因子的频率测量值是否可靠。

转子轴的保护

图 23 表示根据本发明的某些方面构造的涡轮气量计 350，它不一定需要使用参考转子。涡轮气量计 350 在以前附图如图 1-9 所示的前述涡轮气量计 20 相同的那些构件以及在说明书中涉及到的上述构件都使用相同的件号。

详细地参考图 2 和图 23，涡轮计 20 和 350 都包括一壳 22，壳内都装有整流装置 28 和测量筒 36，顶板 48 和计数器 46 及参考筒 54 的壳 54A。虽然在涡轮气量计 350 中不包括参考转子及其有关的转子轴、轴承和轴承座，但是使用参考筒壳 54A 使测量筒 36 能牢固地安装在涡轮计壳 44 中。另外，如果用户希望采用本发明自动校验方面的优点，那么使用参考筒壳 54A 可使涡轮气量计 350 的用户以一包含参考

转子 62 的完整参考筒 54 来代替壳 54A。

由图 2 明显看出,测量筒 36 是通过法兰 50 被安装到涡轮计壳 22 的中心槽 22A 中去的。包括参考筒壳 54A 的参考筒 54 也是通过法兰 50 安装在涡轮计壳 22 中的。在测量筒 36 被安装在壳 22 中之前,先进行参考筒的安装。因此,参考筒 54 上游端的法兰 55 与涡轮计壳 22 的槽 22A 的下游端接触,以便使参考筒 54 保持在应有的位置上。本发明的该优选实施例是就这样一种涡轮计进行描述的,在这种涡轮气量计中,如测量筒 36 及参考筒 54 和/或参考筒壳 54A 这样一些构件是通过壳 22 的中心进行安装的。专业技术人员会认识到,在本发明的范围内所示的结构可以沿用到其构件通过涡轮计一端安装的涡轮计。

现在参考图 7 及图 23,测量转子 38 被安装在一转子轴 352 上,该转子轴通过上游测量转子轴承 76 和下游测量转子轴承 78 以及轴承座 354 被连接到一内轴承套 356 上,轴承座 354 则被安装在轴承套 356 内。

转子 38 包括一装有涡轮叶片 40 的转子套 351 和一支撑转子套 351 的圆形前端面 353。

根据本发明的一个方面,前端面 353 的整个表面都是实心的,就是说,除了穿过中心有一个能使转子 38 安装在转子轴 352 上的孔之外,在其表面中没有其它孔。前端面 353 的实心表面可以防止流过涡轮气量计的气体,包括气体中可能存在的任何污染物,直接通过转子流向转子轴承 76 和 78。

另外,测量筒 44 包括一形成筒室的筒体 355,该筒件与转子 38 是同心的,其外径略小于转子套 351 的内径。筒体的 355 的上游端具有这样的长度,使其在下方至少延伸到转子套 351 的一部分。筒体 355 在转子 38 下游的那部分是连续而光滑的,所以,污染物不能积累在转子套 351 附近,污染物可能被带入的地方是在转子套 351 和筒体 355 之间。前端面 353 的实心表面,转子套 351 与筒体 355 的重叠和在转子套 351 下游的筒体 355 的光滑而连续的表面形成一条件,该条件要求流过转子套 351 和筒体 355 之间上游的污染物进到装有轴承座 354 和测量转子轴承 76 及 78 的筒室。另外,筒体 355 的外表面有一微小朝向筒体轴线的下游锥坡。这一斜坡有助于流过涡轮计的气体中的污染物从转子套 351 和筒体 355 之间的缝隙中流走。

轴承座 354 是从测量筒 44 的下游端插入内套 356 中的,在内套 356 的下游端的法兰 358 与内套 356 的下游端接触。轴承座 354 用六角螺母 360 保持在面对内套 356 的应有位置,随着六角螺母 360 在轴承座 354 的外表面上的螺纹 362 上的转动,轴承座 354 被拧紧在内套 356 的上游端。

轴承 78 用一对挡圈 364 保持在应有位置上。而转子轴承 76 则用一对同样的挡

圈 366 保持在其应有位置上。滚珠轴承 76 和 78 用加油垫 368 分开。加油垫 368 内有一槽 370, 该槽 370 还必须与测量筒壳中的那些孔 (未示出) 对齐, 以润滑油正常地流到加油垫 368 上。槽 370 还须与挡圈 364 和 366 中靠近加油垫的那些孔 (未示出) 对齐, 以使润滑油能够正常地润滑转子轴承 76 和 78。这种类型结构对于设计和制造涡轮气量计的专业技术人员来说是熟知的。

测量转子 38 通过一组填隙片 372 和轴承罩 374 联接到转子轴 352 上。下面将充分说明填隙片 372 的用途。轴承罩 374 与转子轴 52 对中, 并固定在轴承座 354 上游端附近, 以便有助于保护轴承 76 和 78 免受污染。一旦把转子 38 面对填隙片 72 放置在应有位置上, 就面对转子 38 的上游端放置一平垫圈 376, 并把一大角螺母 378 拧到转子轴 352 上游端的螺纹上。把该六角螺母 378 拧紧到所要求的程度, 以使转子 38 保持在应有位置上。

测量筒 36 还包括一个联接室 382, 在联接室 382 中装有一联接在转子轴 352 和计数器 46 之间的联接器 384, 计数器示于图 23 中。联接器 384 可包括任何系列的齿轮、轴及轴承, 并且/或者这些构件包括专业技术人员用于联接涡轮气量计的测量轴转子与机械计数器的那种磁性联接构件。

联接室 382 用一盖板 386 盖住, 该盖板 386 用一组围绕其周缘的螺栓固定在联接室 382 的下游端, 其中一个螺栓示为 388。盖板 386 的中心有一板孔 390, 其内装有一通气管 392。板孔的用途是消散涡轮气量计工作时、齿轮和轴承转动时在联接室 382 中所产生的热量和压力。它防止了通过转子套 351 和筒体 355 之间缝隙吸气的可能性和可能受到污染。通气管可以做成任何适当的结构, 如细小网孔或纤维隔板, 这种结构可使热量和压力从联接室 382 逸出, 同时防止污染物进入联接室 382, 反过来影响联接器 384 或转子轴承 78 或 76。

同样, 一带有中心板孔和通气管 396 的盖板 394 用一组螺栓 398 固定在参考筒套 60 上, 该通气管 396 与通气管 392 相同。盖板 386 和 394 产生一定程度的弹簧张力, 而且在装有这些盖板时就起弹簧板的作用。另外, 还设有一弹簧机构, 以便对测量室 22 施加压力, 在该优选实施例中, 弹簧机构 400 包括一贝氏垫片。该贝氏垫片 400 被装在盖板 394 和参考套 60 上游端的切口区 402 之间。贝氏垫片 400 对盖板 394 施加压力, 盖板 394 通过盖板 386 被联接到筒壳 44 上。专业技术人员会认识到, 可以采用其它形式的弹簧机构对筒壳 44 施加压力, 有些弹簧机构可以通过盖板 394 起作用, 而另一些则可以不通过盖板 394 起作用。

筒壳 44 有一安装在其上游端外围的密封机构 404, 以防止旁路测量室 36 的正常气路。在该优选实施例中, 这个密封机构 404 是 O 形圈, 尽管可以用其它形式的

密封装置来代替 O 形圈。由贝氏垫片施加的压力通过盖板 394 和 386 以及筒壳 44 的结构对该 O 形圈 404 施力。以便有助于对涡轮气量计 350 的壳形成一可靠的密封。

涡轮计精度调节

如上面所说明的那样，涡轮气量计就其精度来说是通过在不同的预期工作气路压力下对其进行测试来校准的。也就是说在各种气路压力和在各种预期有的流率下测定涡轮气量计工作时的精度。参考图 23，校准涡轮气量计，例如涡轮计 350，常常包括调节联接器 384 内的齿轮比，使得在涡轮计最大容量的约 60%的流率下，计数器 46 是 100%准确的。

在图 26 中所示的曲线中，虚线曲线表示涡轮气量计在校准之前的典型精度曲线。在该虚线精度曲线中，低流率下的凸起是明显的，而且对于商业涡轮计来说是不合格的。根据本发明的一个方面校准的涡轮气量计其典型精度曲线在图 26 的曲线中用实线曲线表示。为了精度测试涡轮计被加压在 0.01759 千克/平方厘米。根据图 26 中曲线的实线曲线可以看出，即使是校准过的涡轮计，在低流率下，精度曲线也有一凸起，尽管是在容许的限度内。在所示的精度曲线中，在流率低于涡轮计最大容量的约 10%以下，涡轮计计数器记录的气体少于实际流过该器的气体。直到涡轮计的流率达到其最大容量的约 50%以前，计数器记录的气体多于实际流过该器的气体。

根据本发明的另一个方面，图 2 中所示的涡轮气量计 350 有一些结构，更详细地示于图 24 和图 25，这些结构能够调节涡轮计的精度，使低流率下精度曲线的凸起减至最小，而不反过来影响高流率下的精度曲线。参考图 24，测量筒 44 有一轴向截面为锥形的内表面，该内表面在预定长度范围内从测量筒 44 的上游端 406 延伸到其内表面上一点，并以约 5° 和约 7° 之间范围的角度渐缩远离涡轮叶片 40。换句话说，在测量筒壳 44 的上游端 406 和该壳内表面的点 408 之间一预定长度上测量筒 44 的内径以这个角度范围内的某一角度增大。

通过把涡轮叶片 40 的上游叶尖的位置调节至筒壳锥区内一要求的固定位置可以改变涡轮叶片 40 的叶尖和测量筒 44 内表面之间的间隙。增加叶尖间隙的使转子的转速降低。从能量转移的观点来看，转子转速降低的原因是，通过增加间隙的面积使更多的气体旁路涡轮叶片 40。因此，从气体转移到转子叶片 40 上的动能减少，因而降低了转子 38 的转速。反之，叶尖间隙的减小有相反的效应，即有更多的气体流过转子叶片 40，使测量转子 38 的转速增加。根据本发明的又一个方面已经发现，最佳结果是通过使涡轮叶片上游叶尖和测量筒锥形内表面之间有一间隙来获

得，该间隙调节在约 0.0254 厘米至 0.1143 厘米的范围内。

可以通过用任何方便的机构或方法来调节涡轮叶片 40 的上游叶尖位置，最后加以牢固地定位。如图 25 所示，在该优选实施例中，利用在转子 38 和轴承罩 374 之间的转子轴 352 上放置一个或多个的填隙片 372 来控制涡轮叶片 40 上游叶尖相对锥形区的位置。为了调节涡轮叶片 40 上游叶尖相对锥形区的位置，从转子轴 352 的端头卸下螺母 378，并且从转子轴 352 卸下转子 38。为了把涡轮叶片 40 的叶尖移向测量筒壳 44 内的左方或者说上游，可以使用附加的填隙片或更厚的填隙片。这就减小了测量筒 44 内表面和涡轮叶片 40 上游端之间的间隙，从而增加了单位气体流率所引起的测量转子 38 的转速。可以取出填隙片 372 中的一个或多个填隙片。或者使用更薄的填隙片，以便使涡轮叶片 40 的上游端在涡轮计内移向右方或者说下游。这就增加了测量筒 44 内表面和涡轮叶片 40 上游端之间的间隙，因而降低了单位气体流率所引起的转子 38 的转速。转速的这种增加或减少在较低气体流率下比在较高气体流率下更显著。另外，这种转速的增加或减小在较低工作压力下比在较高工作压力下更有效。这使得低压和高压精度曲线更为接近。

再一次参考图 26，如果精度曲线的低流率部分比较曲线的高流率部分低得不能容许，那么减小叶尖间隙会使曲线的低流率部分向高流率部分抬高。而如果涡轮气量计的精度曲线低流率部分比该曲线的高流率部分高得不能容许，那么增加叶尖间隙会使曲线的低流率部分向高流率部分降低。

能使涡轮气量计的精度得到有效调节的壁角范围可以通过有关压力流在具有各种不同壁角的光滑通道中流体力学一般原理来推断，也可以通过测试端部 406 和点 408 之间不同内壁角对气体速度分布的影响来确定。已经发现，当壁 406 对 408 的角度约小于 5° 时，要得到叶尖间隙的适当变化，以便适当地调节涡轮气量计的精度，需要测量转子 38 沿轴向作很大的移动。当壁 406 对 408 的角度约大于 7° 时，在高流率下涡轮气量计精度开始不适宜地下降。对于任何特定的涡轮计，在这个近似的角度范围内究竟选择多大的角度取决于该涡轮计的具体特征。

专业技术人员会认识到，本发明的上述各种特征可以单独地用在单转子或双转子涡轮气量计中。或者可将两个或多个特征组合在单转子或双转子涡轮气量计中。另外，本发明已经就某些具体实施例的一些细节、构件的配置和步骤做了说明，为了说明本发明的实质已经对这些实施例做了叙述和说明。专业技术人员可以在不离开本发明精神和范围的情况下做许多修正和改变。因此附有的权利要求是说明权利要求包括不离开本发明精神和范围的那些相当的涡轮气量计、系统和方法。

说明书附图

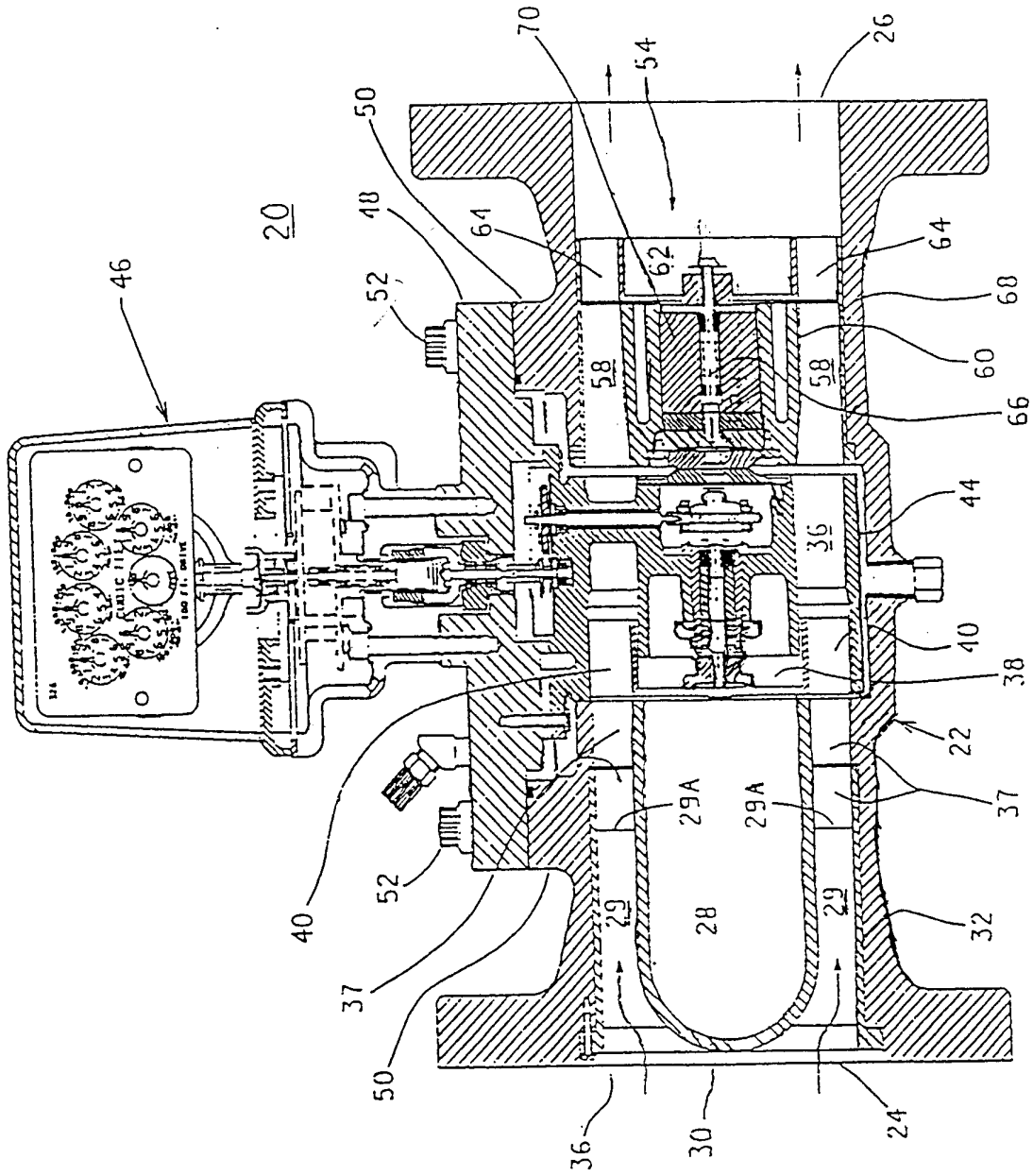


图 1

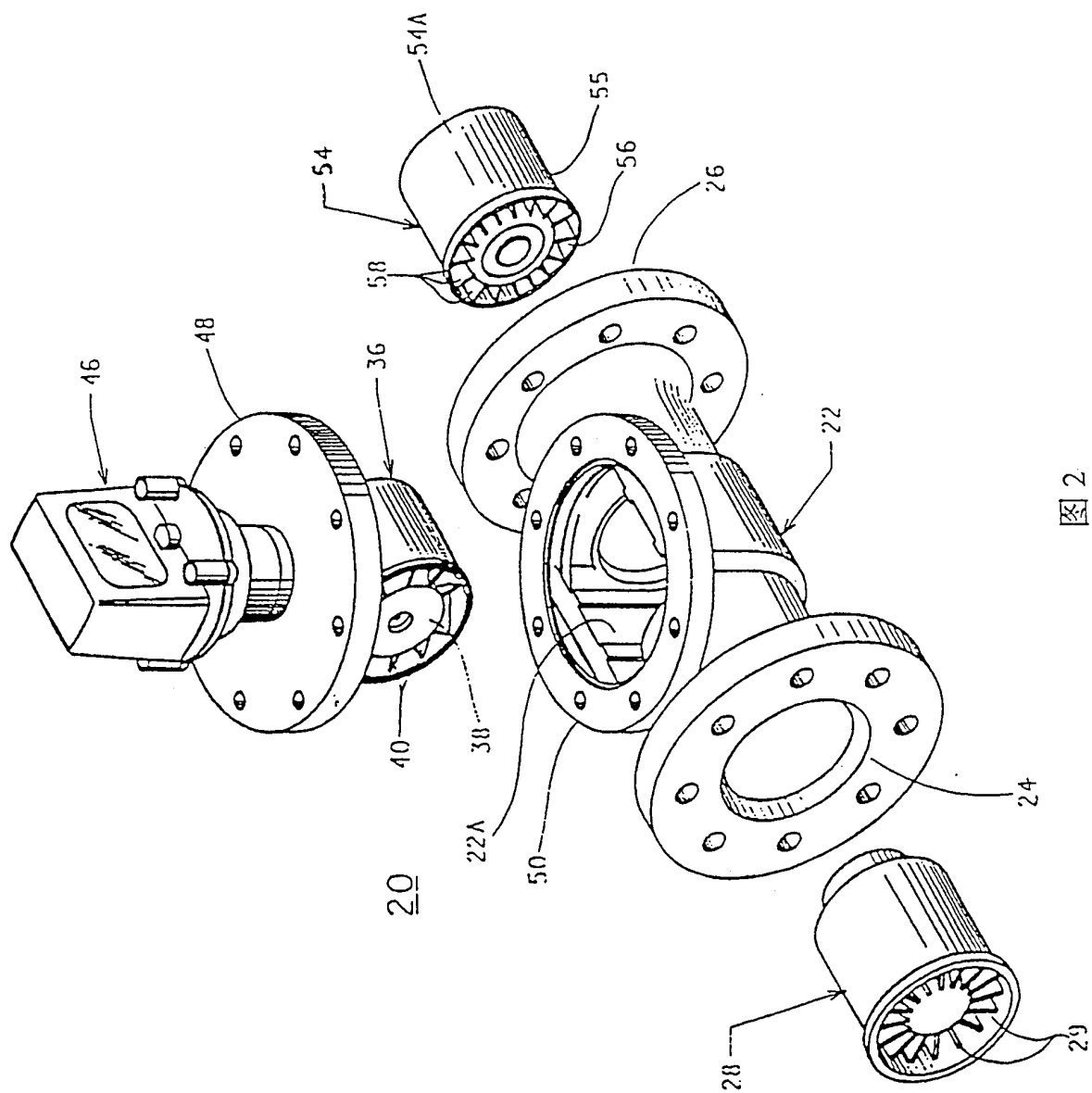


图 2

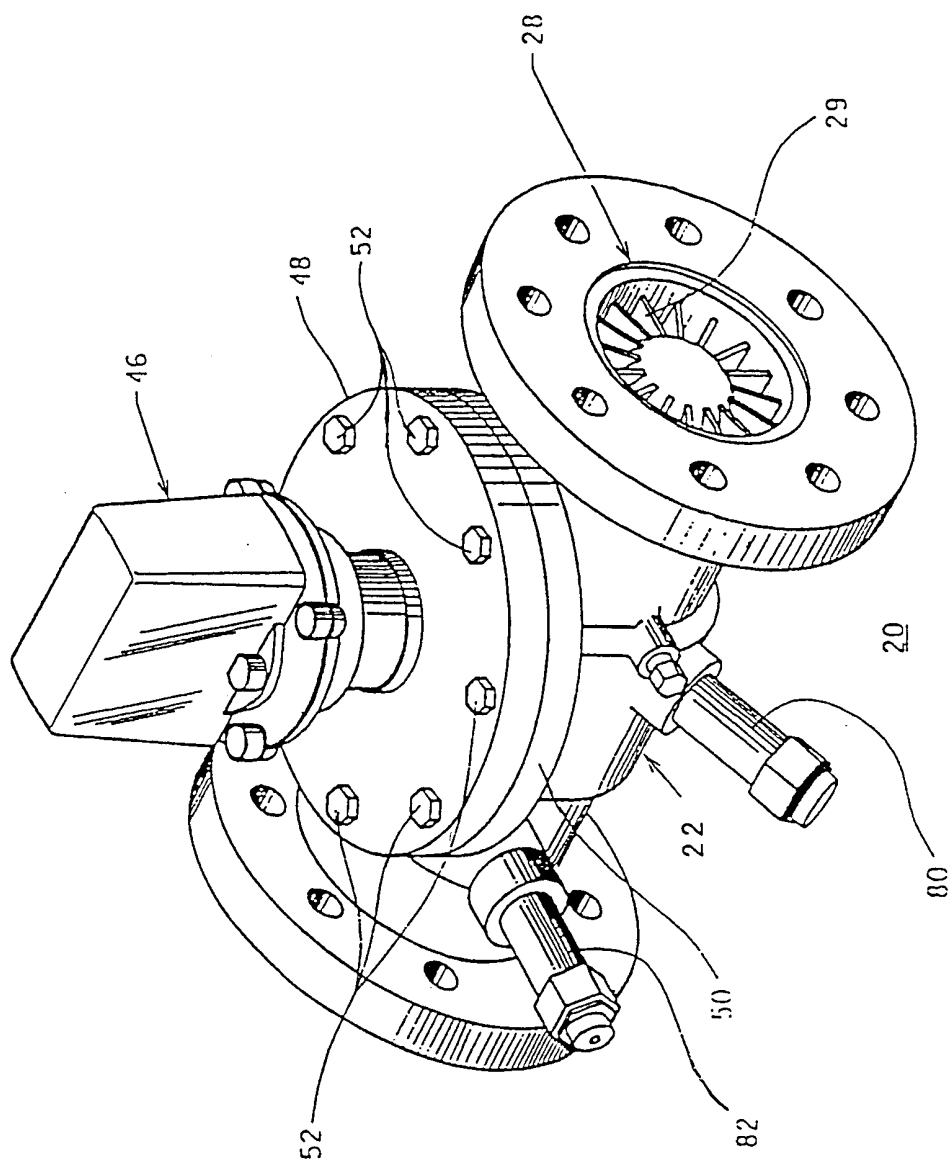


图 3

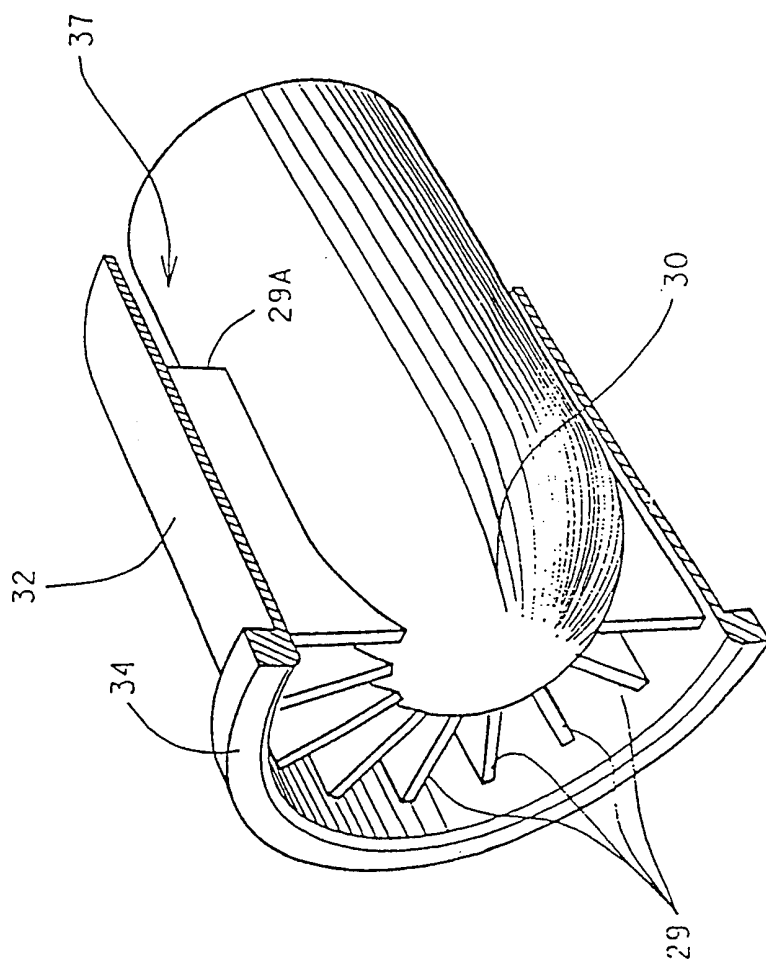


图 4

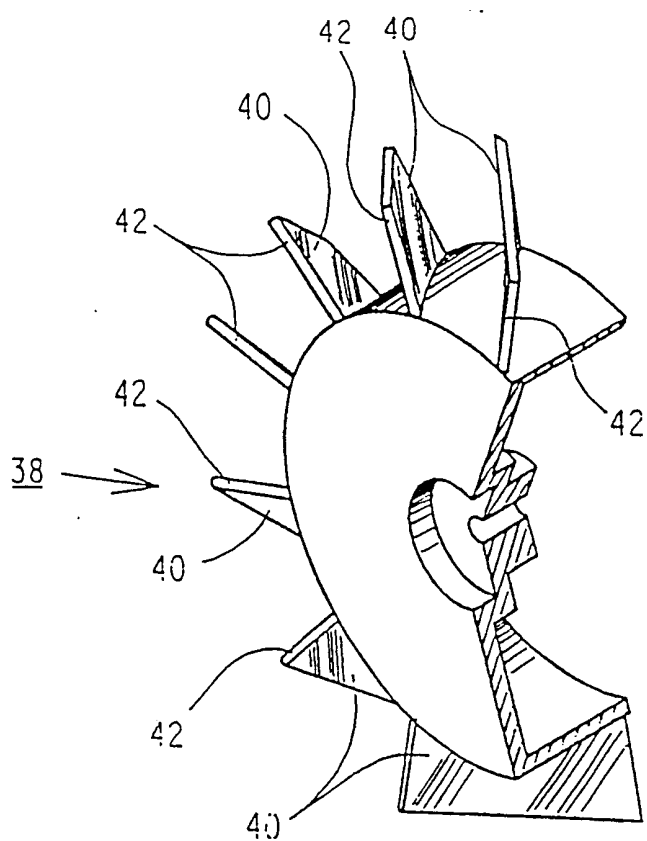


图 5

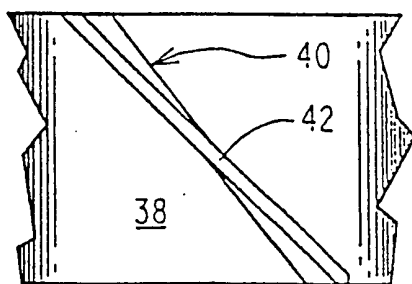


图 6

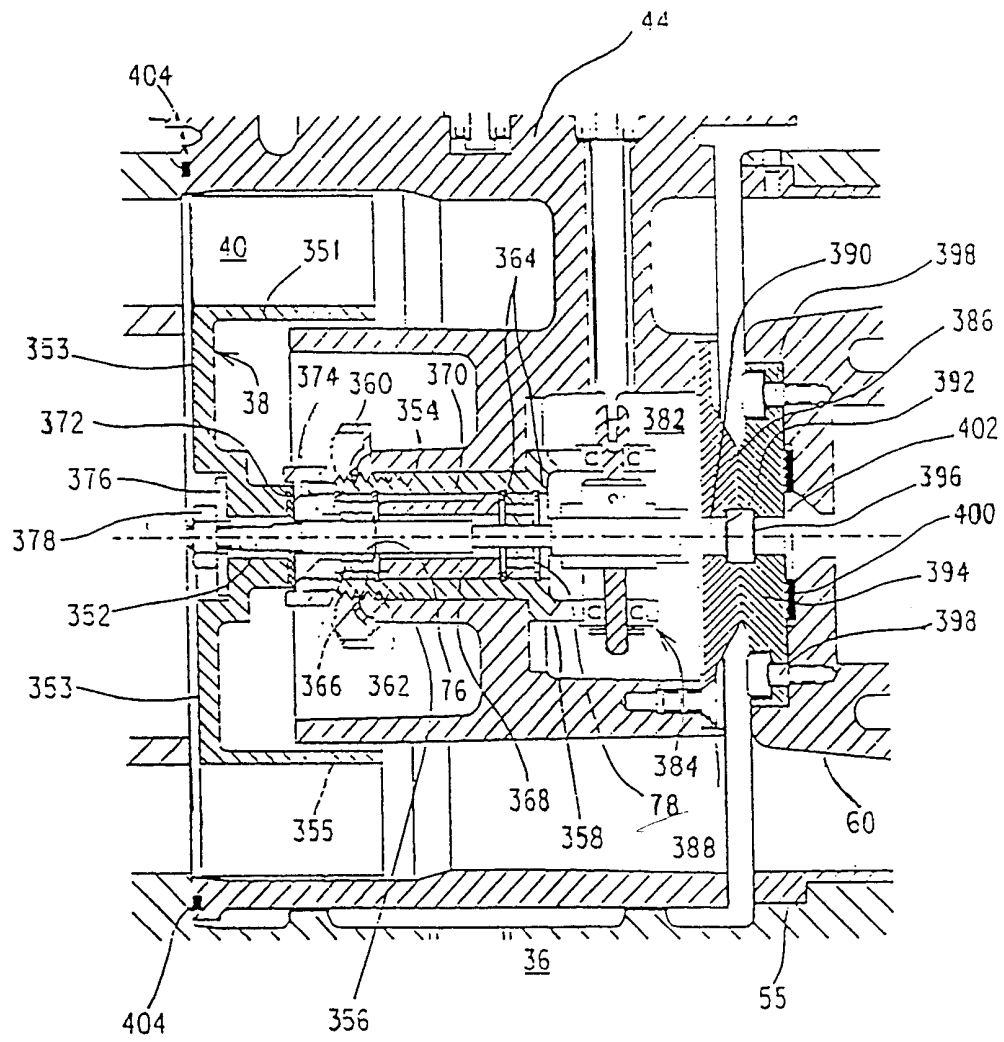


图 7

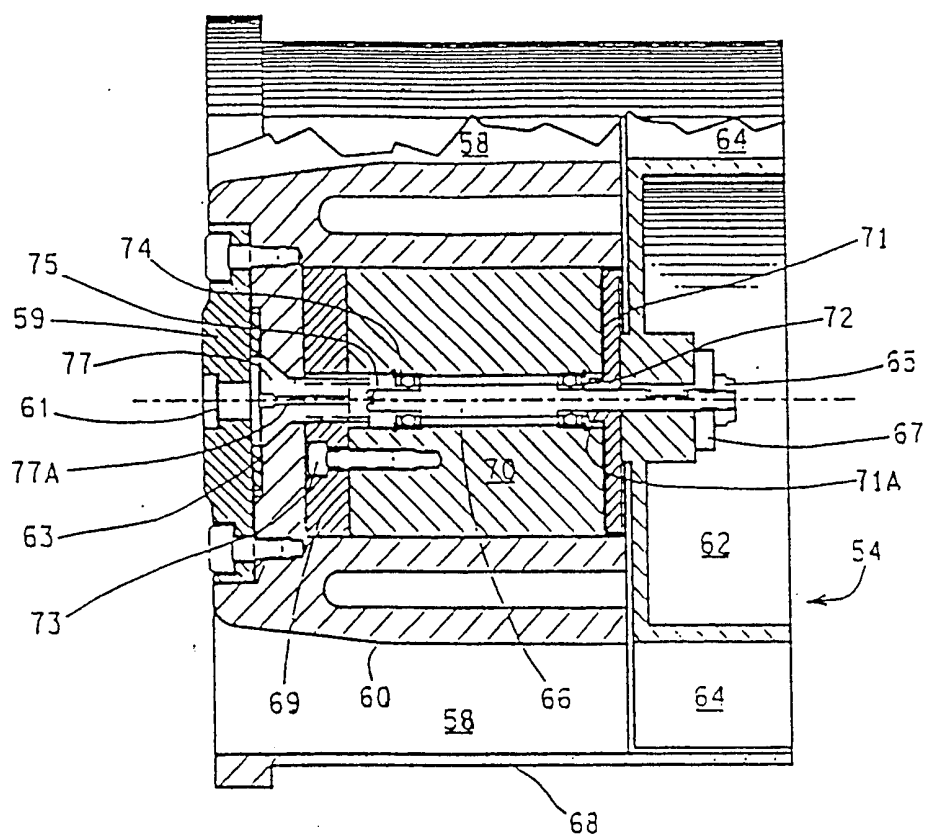


图 8

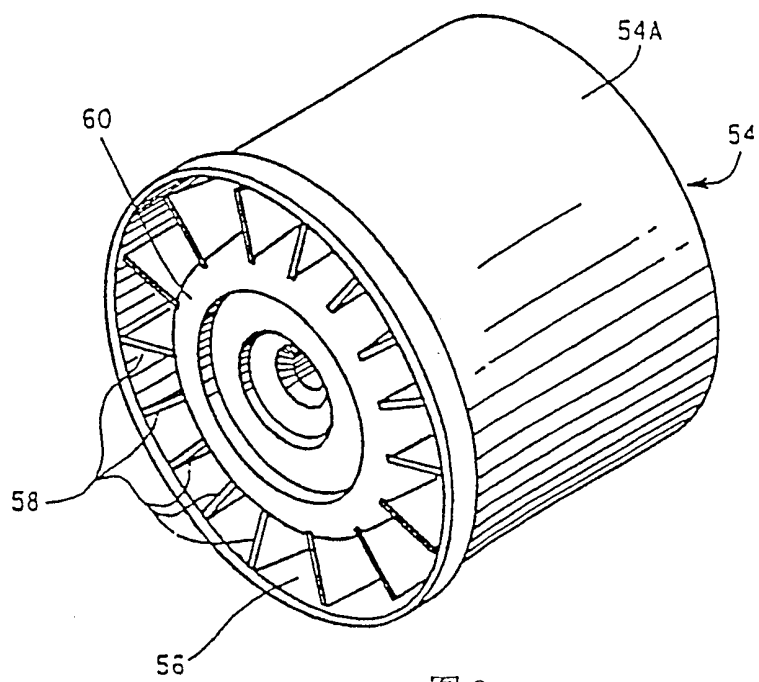


图 9

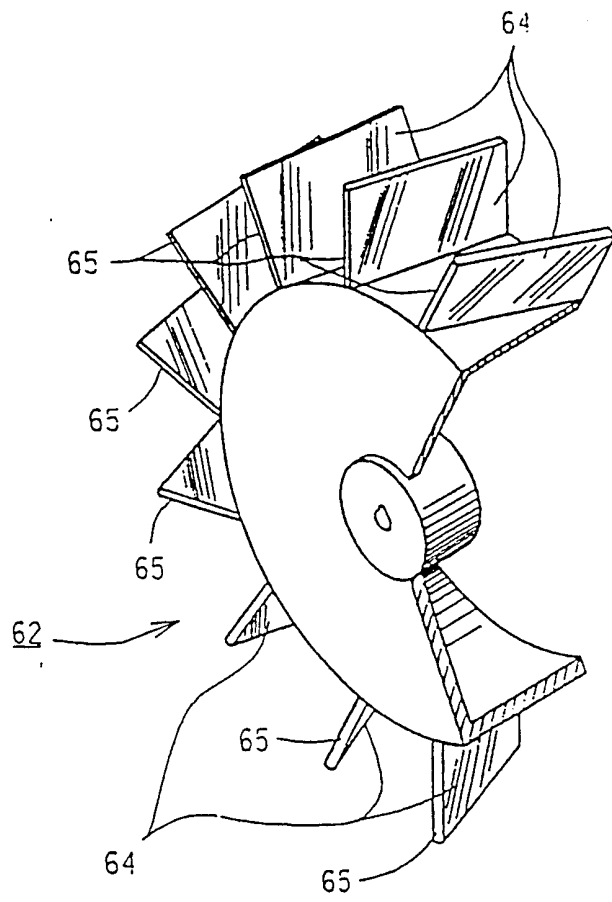


图 10

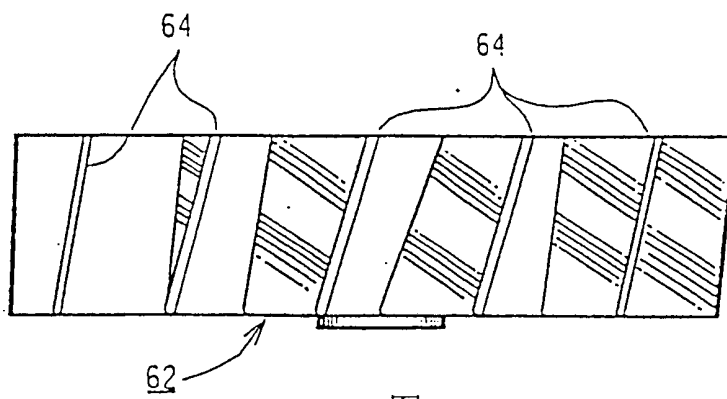


图 11

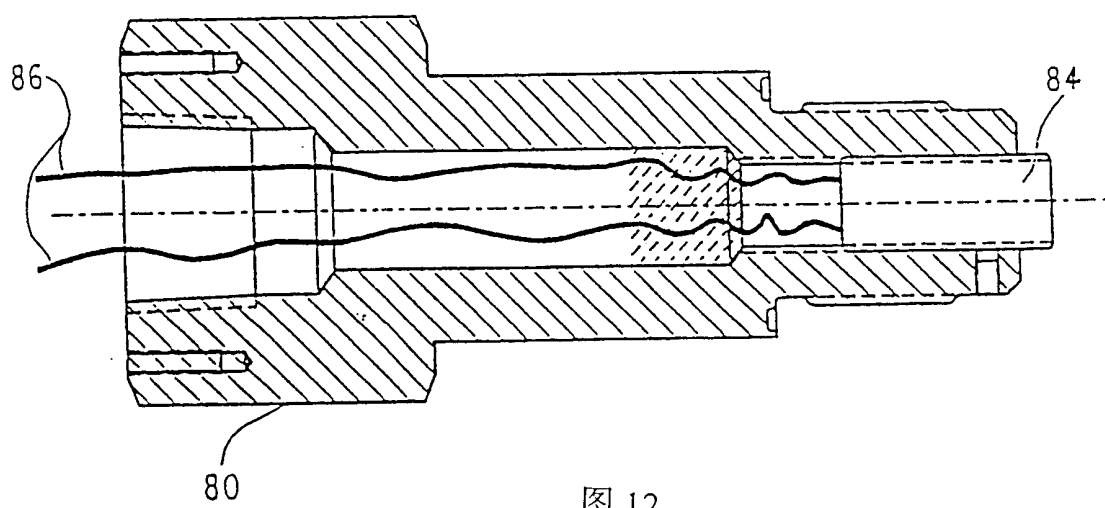


图 12

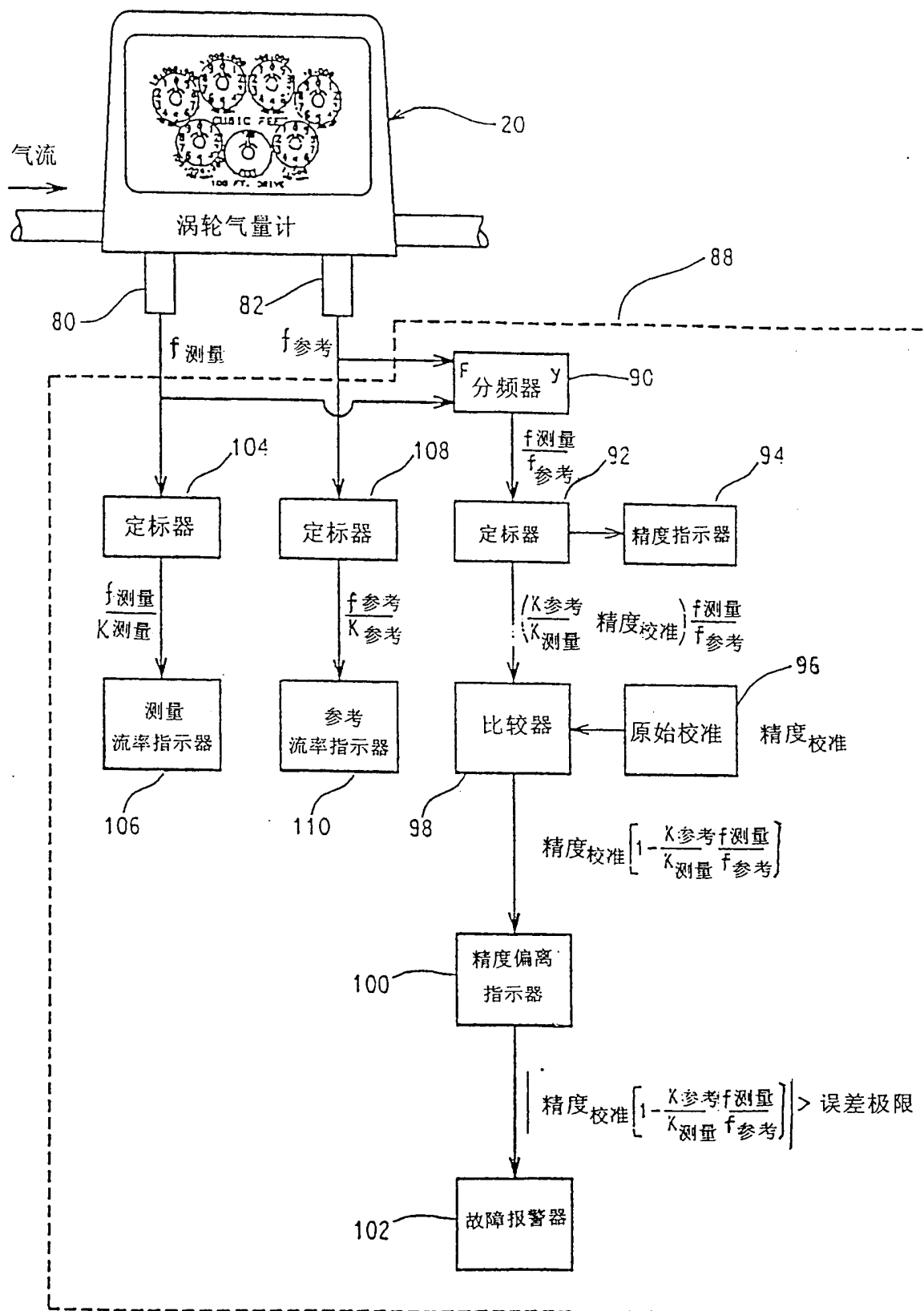


图 13

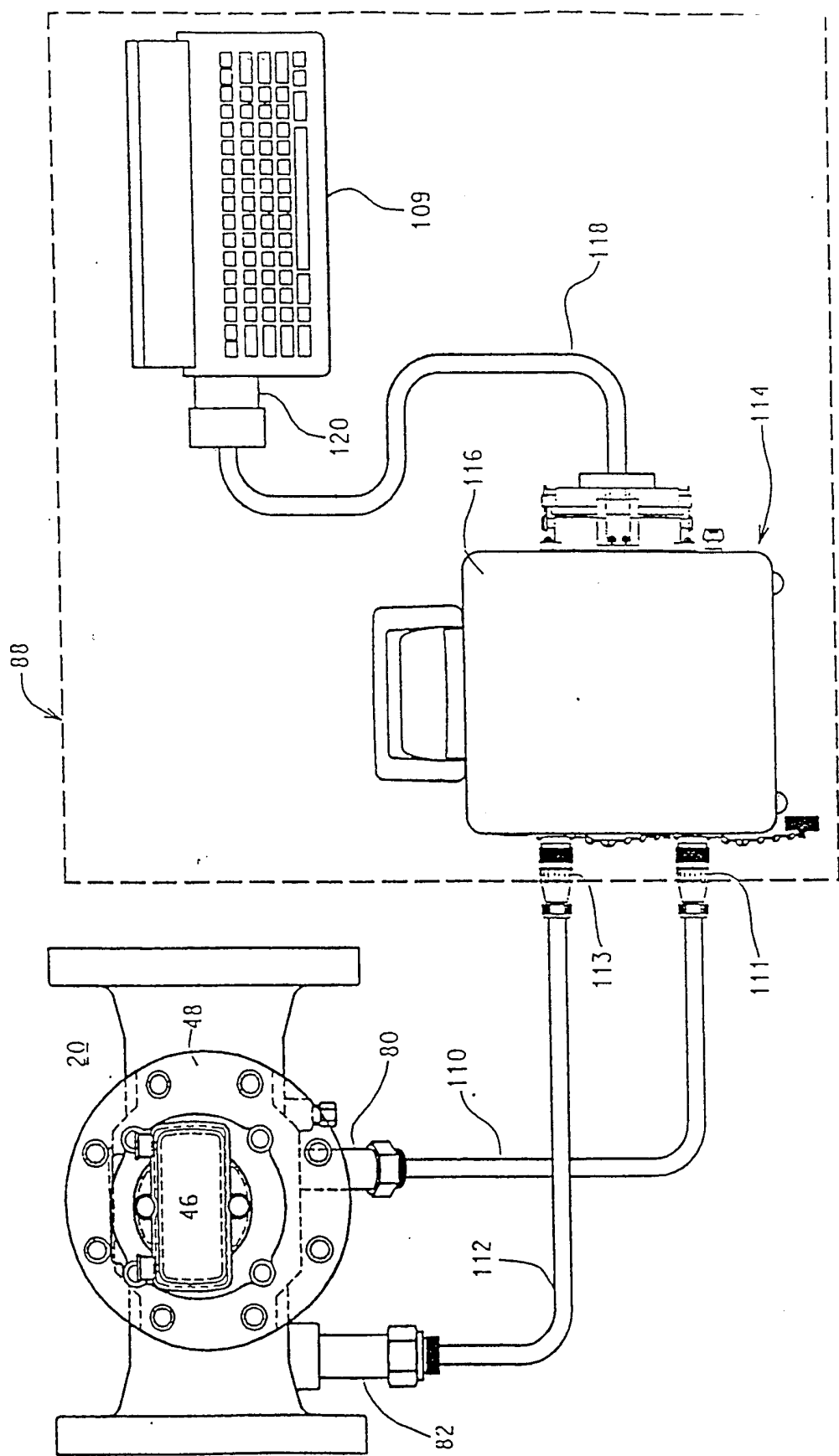


图 14

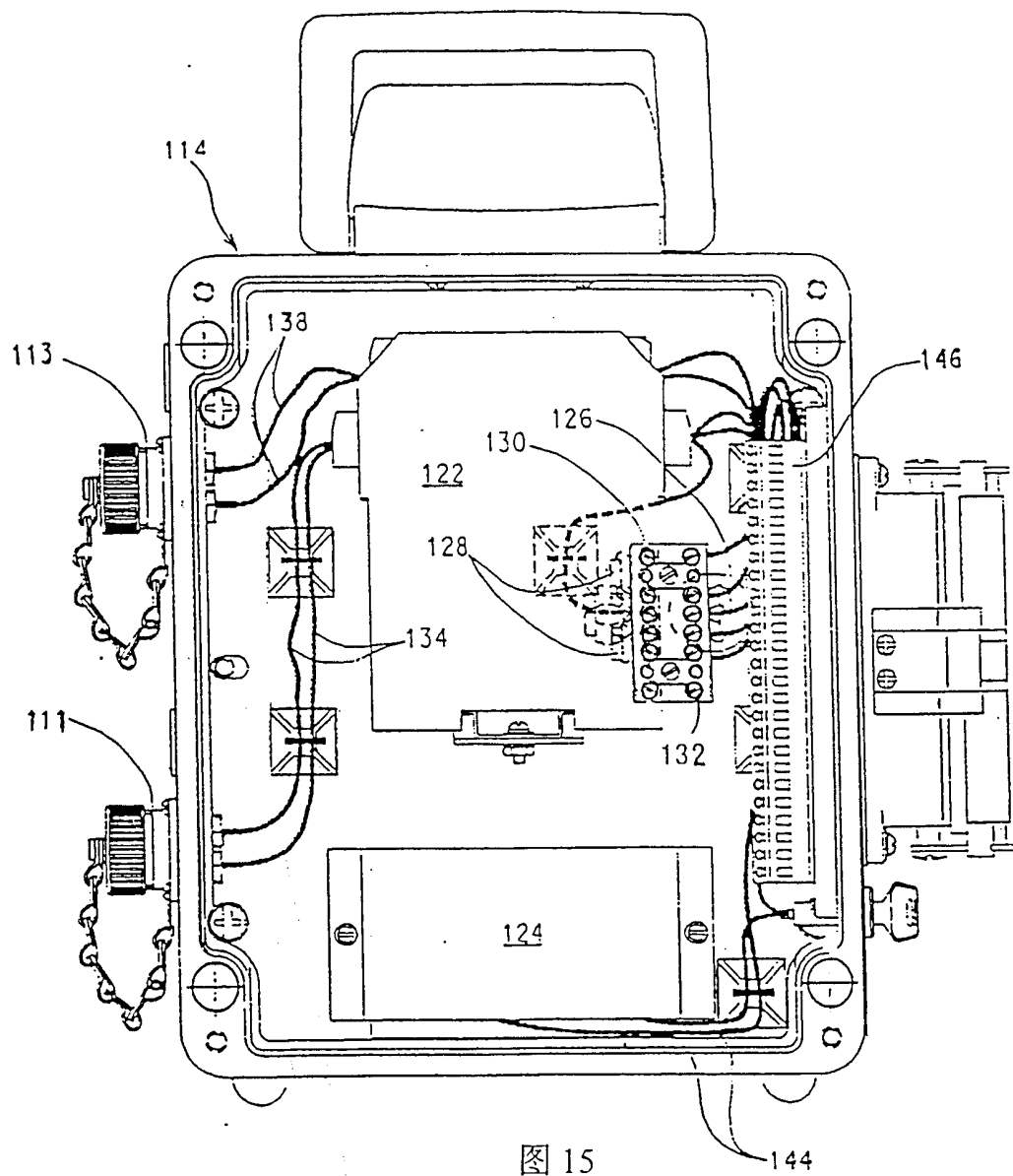


图 15

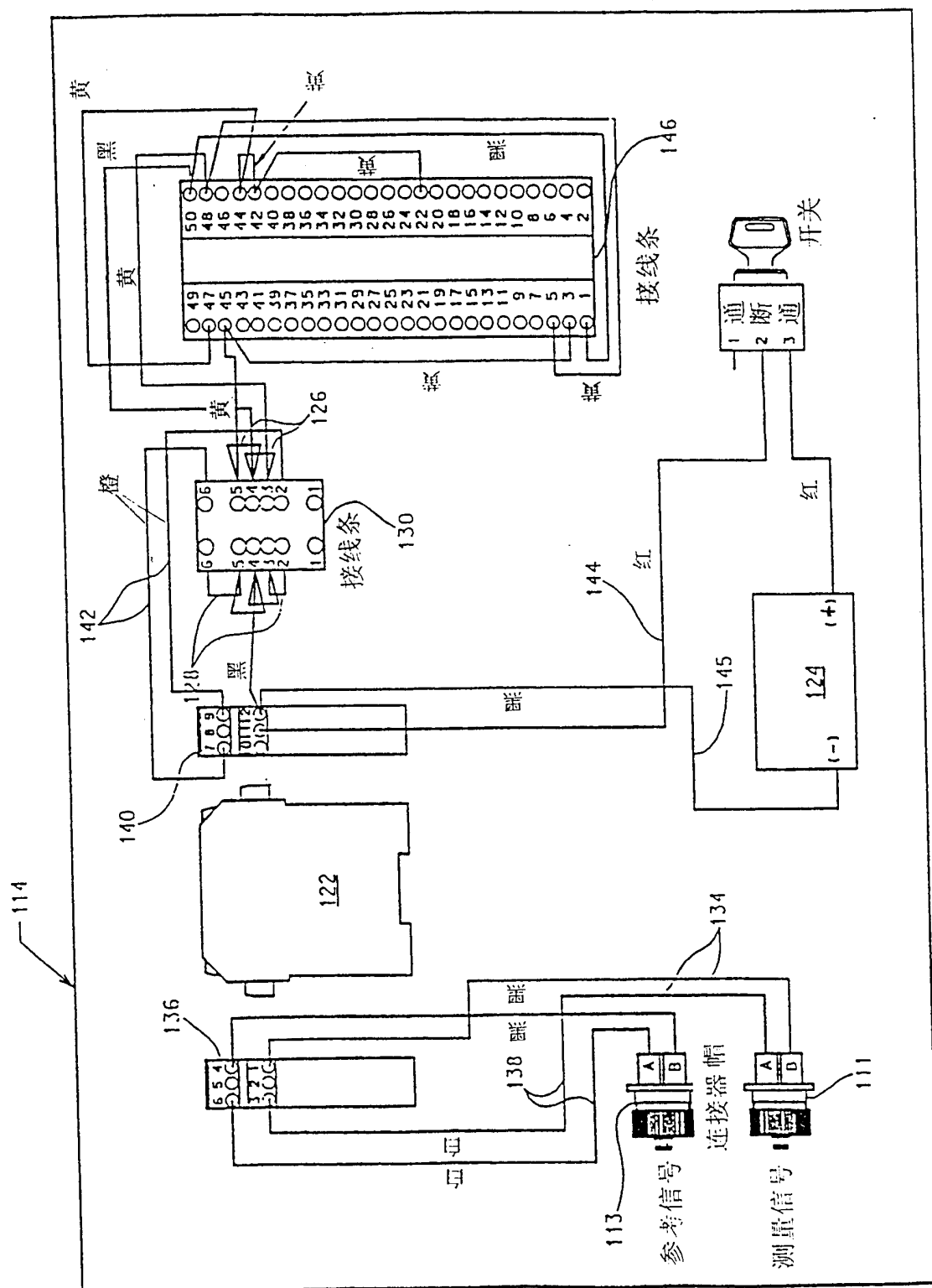


图 16

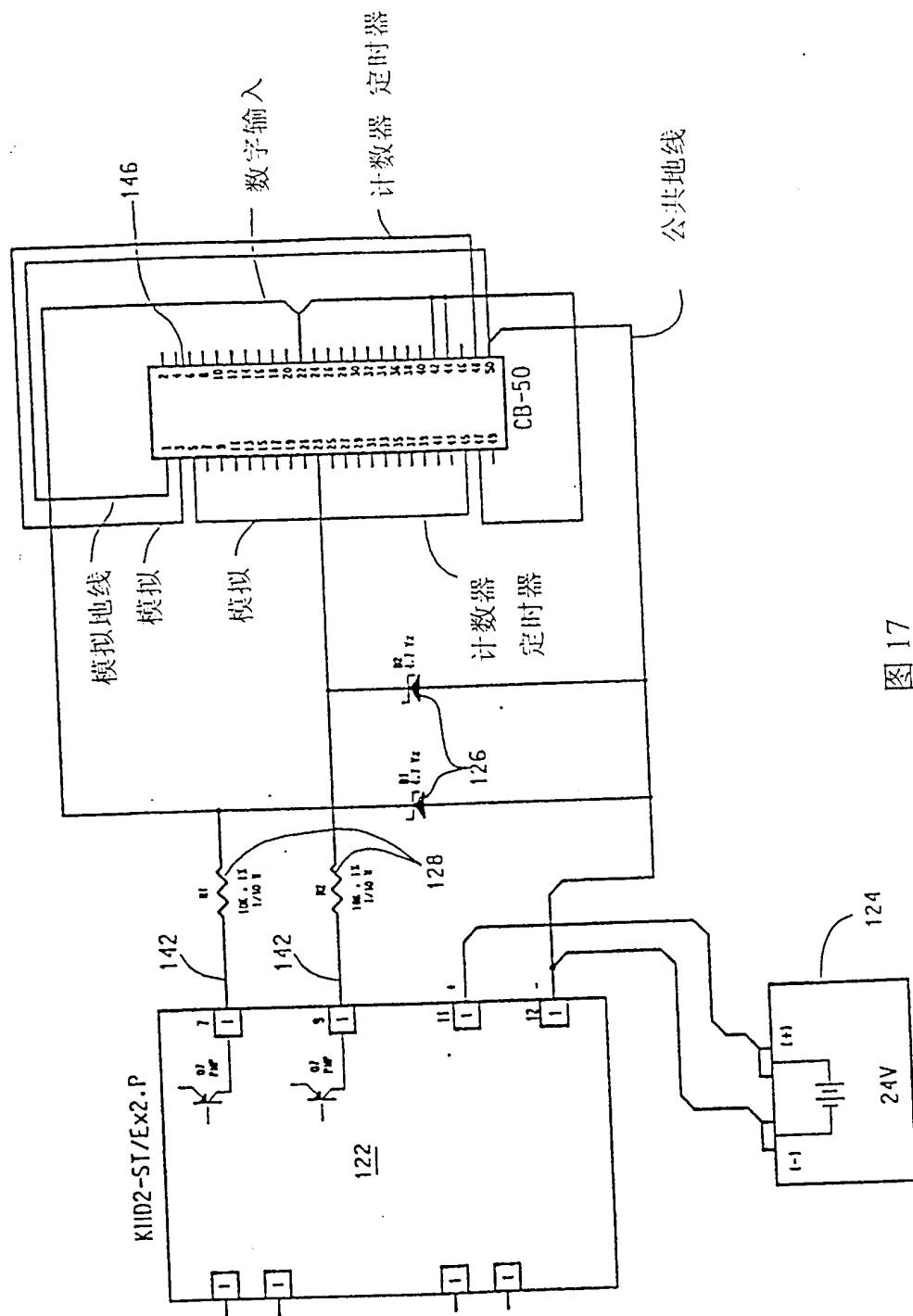
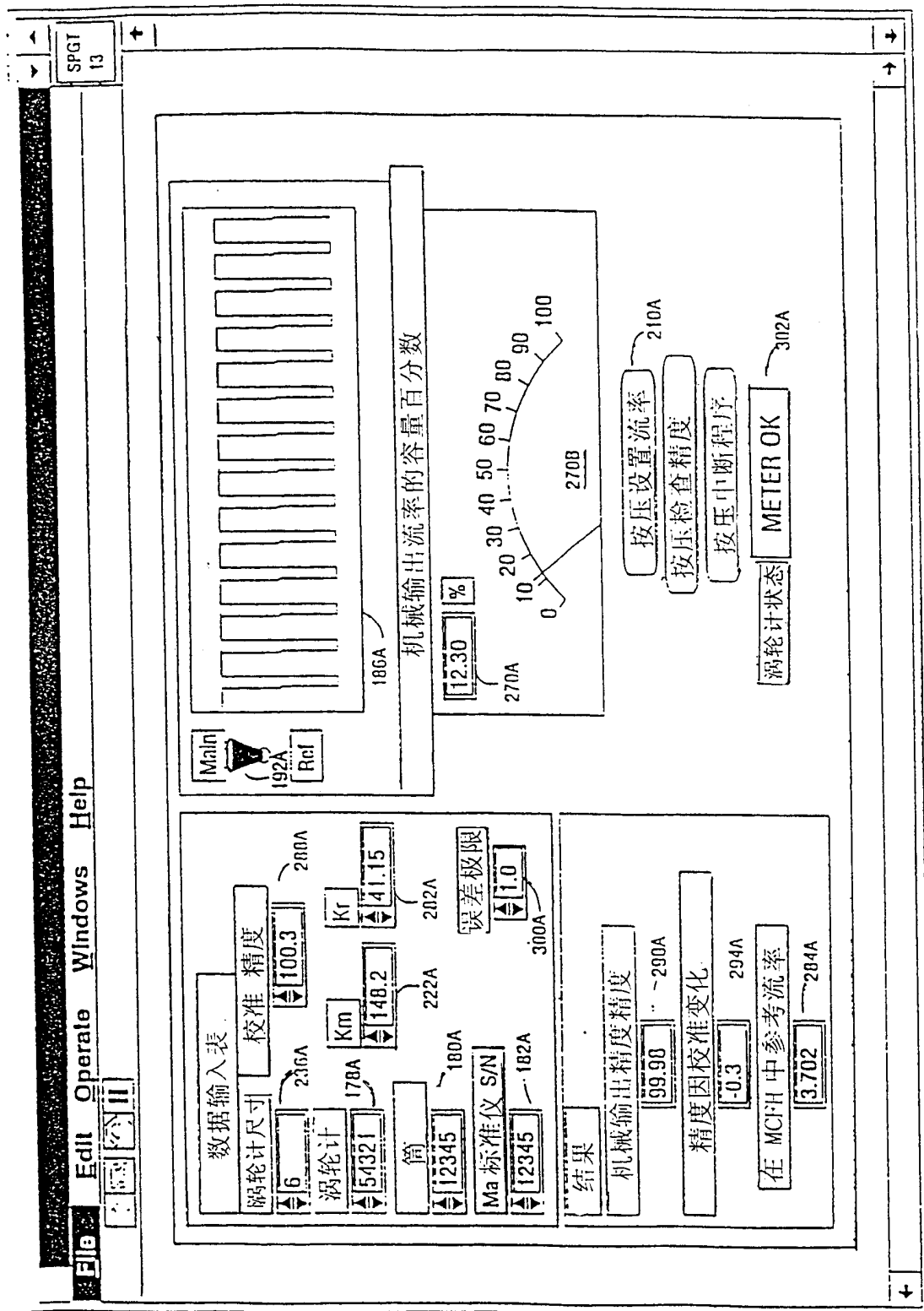


图 17



前面板

图 19

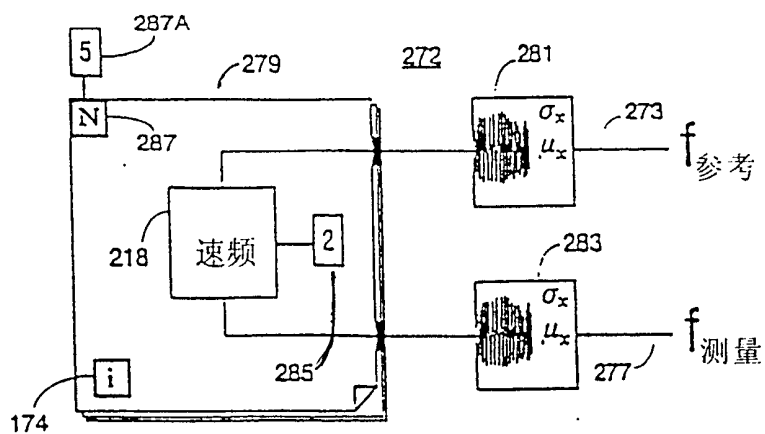
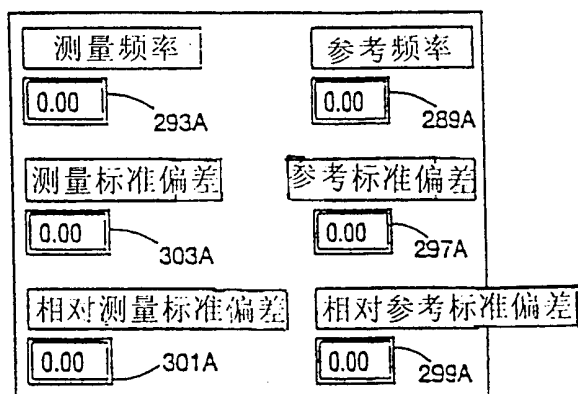


图 20



前面板

图 21

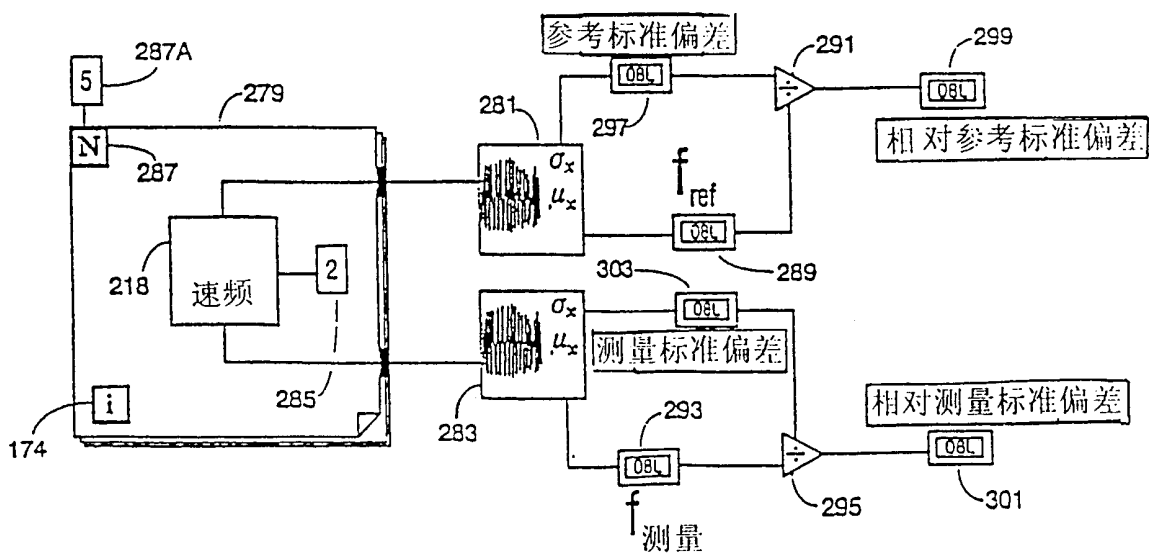


图 22

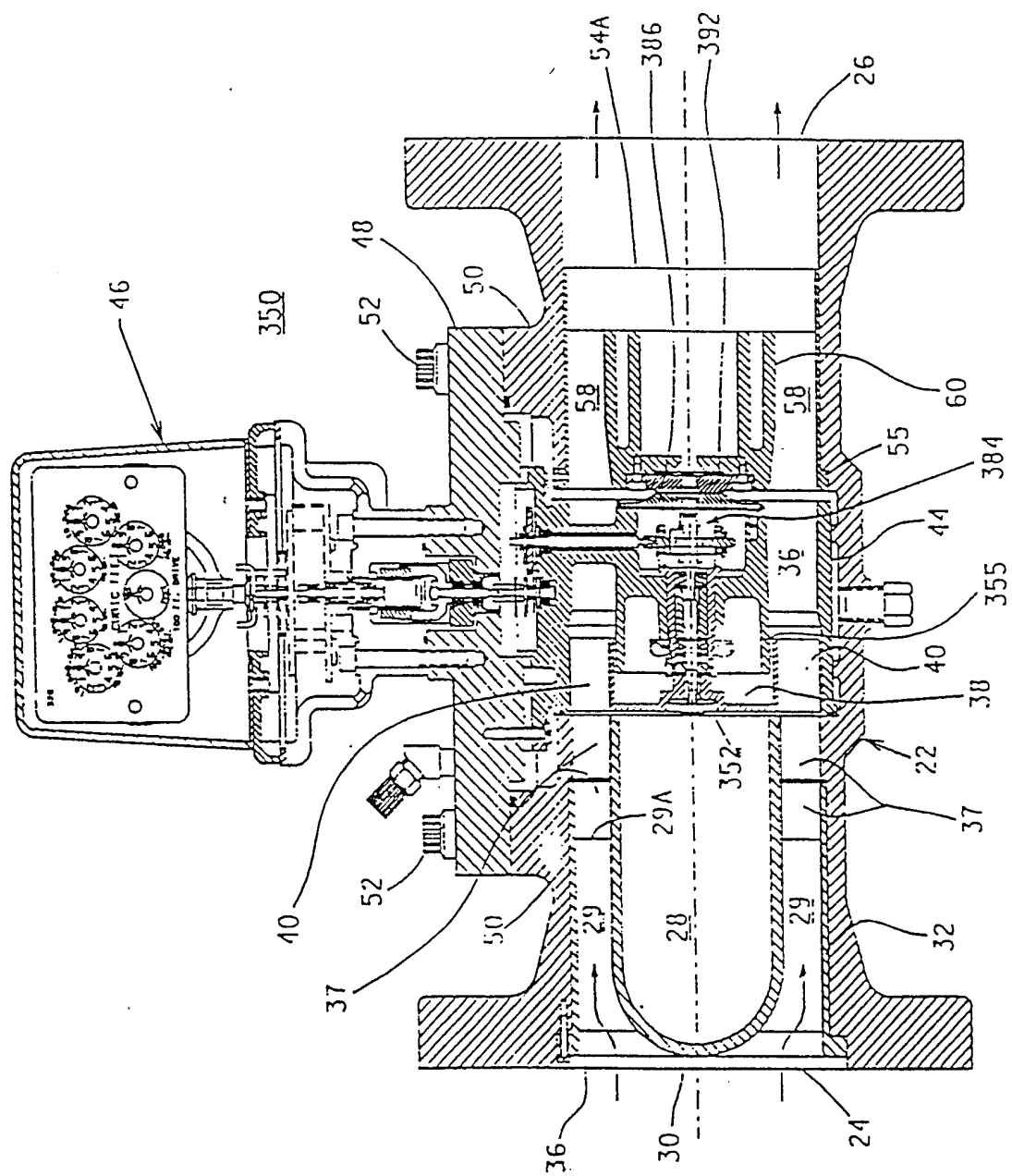


图 23

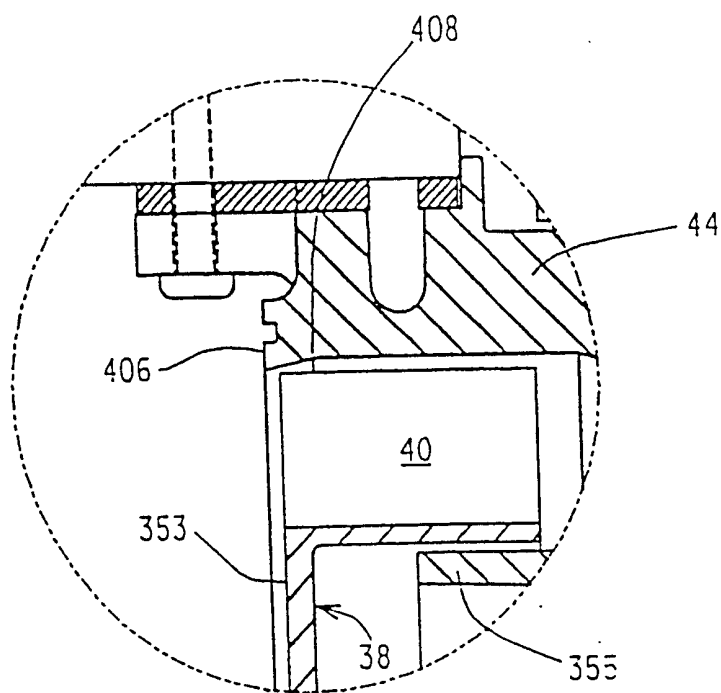


图 24

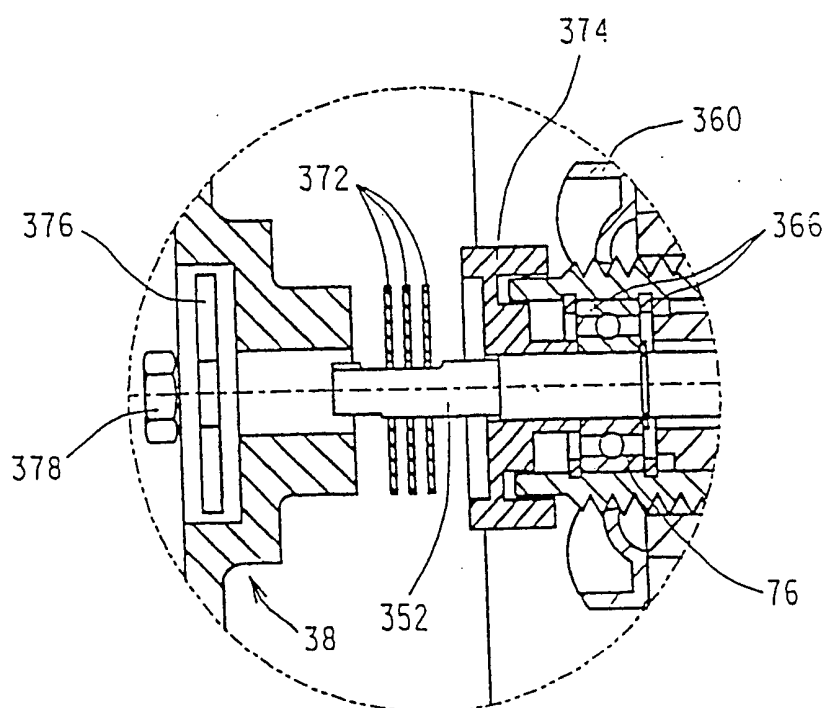
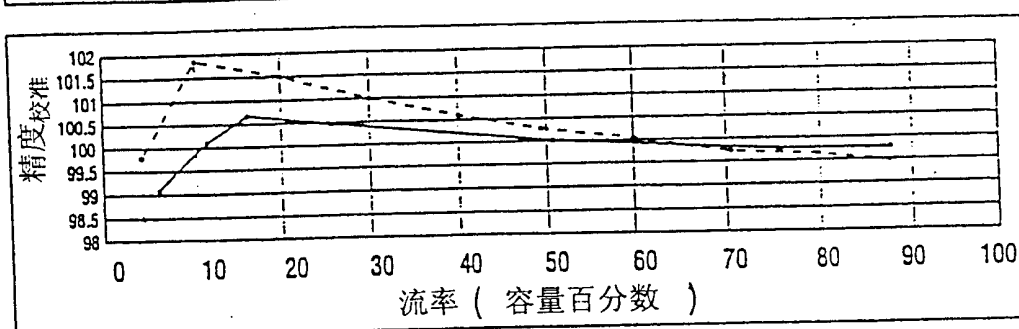


图 25

仪表型号：	涡轮气量	仪表号：	12
仪表尺寸：	4"	参考单元号：	12
最高工作压力：	175#	测量筒号：	12
仪表容量：	18000 立方英尺/小时		



流率 (容量百分数)	精度 (百分数)	流率 立方英尺/小时	K _{测量} 脉冲/立方英尺	K _{参考} 脉冲/立方英尺
5.00	99.68	925.17	293.72	146.48
10.00	100.26	1794.62	296.20	150.88
15.00	100.72	2742.47	297.41	151.61
25.00	100.48	4488.64	297.00	151.92
50.00	100.06	8985.72	295.63	151.67
75.00	99.74	14628.83	294.64	152.10
88.00	99.73	15769.80	294.49	152.26

图 26