(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103148899 B
(45)授权公告日 2015.09.02

(21)申请号 201310044249.8
(22)申请日 2013.02.01
(73)专利权人 中山大学附属第一医院
地址 510080 广东省广州市中山二路 58 号
专利权人 广东技术师范学院
(72)发明人 杨振野 肖良宝 胡军 刘小林 姚济明
(74)专利代理机构 广州知友专利商标代理有限公司 44104
代理人 宣国华
(51)Int.Cl.
G01F 1/34(2006.01)

审查员 谢岗

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种液体微流量检测方法

(57)摘要

一种液体微流量检测方法，包括如下步骤：S1. 找出存储容器出液口处液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V(P)；S1.1 采样出液口附近在不同液面高度时的液体压力，并测量在各压力值采样时的一个时间段 T 内的液体累计流量 M1，从而计算对应采样压力值下的液体流速 V 为 M1/T，建立各采样液体压力－流速的数据组；S1.2 根据步骤 S1 中建立的液体压力－流速数据组，假设逼近函数的阶次，通过最小二乘法计算对应于上述阶次的逼近函数的系数，从而得到液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P）；S2. 对函数关系式 V（P）进行积分求取液体在某段时间内的流量 M。本发明得到出液口处液体压力与流速之间的函数关系式后，仅需监测出液口处的压力即可监测液体在某段时间内的总流量，可应用于流速在 800L/h 以下的液体流量的测量。

CN 103148899 B

1.一种液体微流量检测方法，其特征在于，包括如下步骤：

S1. 找出存储容器出液口处液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P）；

S2. 对上述函数关系式 V（P）进行积分求取液体在某段时间内的流量 M。

2.根据权利要求 1 所述的液体微流量检测方法，其特征在于，上述步骤 S1 中的函数关系式 V（P）通过如下步骤获得：

S1.1 采样出液口附近在不同液面高度时的液体压力，并测量在各压力值采样时的一个时间段 T 内的液体累计流量 M1，从而计算对应采样压力值下的液体流速 V 为 M1/T，建立各采样液体压力流速的数据组；

S1.2 根据步骤 S1 中建立的液体压力流速数据组，假设逼近函数的阶次，通过最小二乘法计算对应于上述阶次的逼近函数的系数，从而得到液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P）。

3.根据权利要求 2 所述的液体微流量检测方法，其特征在于，还包括如下步骤：根据所述函数关系式 V（P）和液体压力流速数据组判断所选阶次的逼近函数是否满足系统精度要求，如不满足，则提高逼近函数的阶次，重新计算液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P），直到该阶次的函数关系式 V（P）满足系统精度要求为止。

4.根据权利要求 3 所述的液体微流量检测方法，其特征在于，步骤 S1.1 中采样的液体压力值覆盖液面从高到低液体压力值的全量程。

5.根据权利要求 4 所述的液体微流量检测方法，其特征在于，步骤 S1.1 中采样的液体压力值的个数大于所述逼近函数的阶次。

6.根据权利要求 5 所述的液体微流量检测方法，其特征在于，步骤 S2 中，对函数关系式 V（P）进行积分，求取液体在某段时间内的流量 M 的过程如下：

从 t0 至 t1 时间内，每隔时间 T’ 测量一次出液口处的液体压力 P，由流量与流速的数值积分的梯形公式 $M=\frac{1}{2}\sum_{k=0}^{n-1}\{V[P(kT')]+V[P(k+1)T']\}T'$，求取液体在 t0 至 t1 时间内的流量 M，t0 和 t1 为两个时间点，且 t0<t1，T’ 为积分时间步长，V[P(kT’)] 表示液体流速，k0 时，对应 t0 时刻的流速。

一种液体微流量检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于液体流量测量技术领域，具体涉及一种检测微流量液体流量的方法。

背景技术

[0002] 目前，市场上所能购买到的流量计多为转子流量计或涡轮流量计，这些流量计仅能适用于流速在800L/h以上的液体流量的测量。对于小流量液体即流速在800L/h以下的液体流量的测量，由于这些液体的管路一般较细，且流速慢、液体压力小等原因，使得这些液体的流量监测起来十分困难。

[0003] 专利号为96217874.8的中国实用新型专利“液体流量检测装置”，尽管其说明书宣称该发明为对流速无要求的液体流量检测装置，但是由于它是通过测量水泵两端的压差来实现液体流量测量的，从该实用新型专利的说明书可知，该专利仅能适用于水泵等大流量的管路流量测量。

[0004] 又如专利号为200610136810.5的中国发明专利“一种差压式液体流量计”，它是通过检测管路两采样点的压差来实现液体流量测量的。该流量计不能适用于较小流量的测量：按其说明书所描述的压差流量计的安装方式，显然当两个压差采样点重合时压差为零，当两个压差采样点相距较近时压差信号将很小，为管路总压差的一部分，占比为压差采样点间距／管路总长；另外，由于该方法采用了分流式的压力采样，即所测得的压力值仅为管路截面总压力的一部分，即所检测出的压力被衰减为采样截面积／(采样截面积＋管路截面积)。综上所述，所检测出的压差信号是实际压差信号的分压并分流，流量较小时流量计所测得的信号极其微弱。当信号过于微弱时测量精度将无法保证。只有当流量足够大时，上述问题才可以解决。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种液体微流量检测方法，该方法简便并能保证精度。

[0006] 本发明目的通过以下的技术措施来实现：一种液体微流量检测方法，包括如下步骤：

[0007] S1. 找出存储容器出液口处液体压力P与流速V的函数关系式V（P）；

[0008] S2. 对上述函数关系式V（P）进行积分求取液体在某段时间内的流量M。

[0009] 上述步骤S1中的函数关系式V（P）通过如下步骤获得：

[0010] S1.1采样出液口附近在不同液面高度时的液体压力，并测量在各压力值采样时的一个时间段T内的液体累计流量M1，从而计算对应采样压力值下的液体流速为M1/T，建立各采样液体压力－流速的数据组；

[0011] S1.2根据步骤S1中建立的液体压力－流速数据组，假设逼近函数的阶次，通过最小二乘法计算对应于上述阶次的逼近函数的系数，从而得到液体压力P与流速V的函数关系式V（P）。

[0012] 作为对本发明方法的改进，本发明还包括如下步骤：根据所述函数关系式 V（P)和液体压力－流速数据组判断所选阶次的逼近函数是否满足系统精度要求，如不满足，则提高逼近函数的阶次，重新计算液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P)，直到该阶次的函数关系式 V（P）满足系统精度要求为止。

[0013] 为了保证本发明方法的精度，步骤 S1.1 中采样的液体压力值覆盖液面从高到低液体压力值的全量程。

[0014] 步骤 S1.1 中采样的液体压力值的个数大于所述逼近函数的阶次。

[0015] 步骤 S2 中，对函数关系式 V（P）进行积分，求取液体在某段时间内的流量 M 的过程如下：

[0016] 从 t0 至 t1 时间内，每隔时间 T’测量一次出液口处的液体压力 P，由流量与流速的数值积分的梯形公式$M=\frac{1}{2}\sum_{k=0}^{n-1}\{V[P(kT')]+V[P(k+1)T']\}T'$，求取液体在 t0 至 t1 时间内的流量 M，t0 和 t1 为两个时间点，且 t0<t1，T’为积分时间步长，V[P(kT')] 表示液体流速，k=0 时，对应 t0 时刻的流速。

[0017] 本发明具有如下有益效果：1）本发明的方法不但能满足系统的精度要求，而且实现简单，本发明中测量液体压力的压力检测器件只需能检测到出液口处的液体压力即可，安装位置没有更多的限制，可以安装在液体管路处，也可以安装于存储液体的器皿中；本发明在得到出液口处液体压力与流速之间的函数关系式后，仅需监测出液口处的压力即可监测小流量液体在某段时间内的总流量，对液体流量、流速没有特别要求，可应用于流速在 800L/h 以下的液体流量的测量，而且实现非常方便；

[0018] 2)本发明具有判断所得到的液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P)是否满足系统精度要求的步骤，使得本发明在各种复杂情况下仍然能够满足系统精度要求。

附图说明

[0019] 图 1 是本发明方法一个应用的示意框图。

具体实施方式

[0020] 为了更好地解释本发明，下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0021] 图 1 是本发明的一个应用，如图 1 所示，它主要包括液体存储瓶 1、电磁阀 2、玻璃三通管 3、压力传感器 4 和微处理器 5，液体存储瓶 1 用于存储所需的萃取液，压力传感器 4 安装在液体存储瓶 1 出液口附近略低于出液口位置，电磁阀 2 安装在出液口处，在微处理器 5 的控制下控制是否让上述萃取液流出所述液体存储瓶 1。玻璃三通管 3 一端与所述电磁阀 2 的输出端相连，一端输出至器皿，第三端竖直向上处于其它两端之间并通过一段硅胶软管与大气相通，便于减少电磁阀关闭后残留在导管中的液体，以提高计量精度。本例中，压力传感器 4 采用了 MOTOROLA 的压力传感器 MPX5010DP，测量范围为 0 ～ 10kPa，用于测量出液口附近的液体压力，其输出端经过处理电路后与微处理器 5 相连。

[0022] 下面结合上述应用具体讲述，本发明的测量微流量液体（蒸馏水萃取液）流量的方法的实现步骤：

[0023] S1. 找出液体存储瓶出液口处液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P）

[0024] 函数关系式 V（P）通过如下步骤获得：

[0025] S1.1 采样出液口附近在不同液面高度时的液体压力，并测量在各压力值采样时的一个时间段 T 内的液体累计流量 M1，从而计算对应采样压力值下的液体流速为 M1/T，建立各采样液体压力－流速的数据组；

[0026] 具体操作为：首先，通过压力传感器 4 采样液体存储瓶 1 出液口附近的液体压力，本实施例中，推荐在不同的液面高度下采集，这样，不但可以采集到压力的变化，还可以减少采集的数据量。在各压力采样值附近，由微处理器 5 控制电磁阀 2 打开 10 ～ 20s 的时间 T 然后关闭，用量杯测出这段时间的总流量 M，M/T 即为液体流速 V，建立液体压力－流速数据组，如下表 1 所示。电磁阀 2 的打开时间 T 的长短由液体流速决定，流速低时可适当延长 T。

[0027] 表 1

[0028]

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
压力值	1B	22	29	2B	34	37	3C	44
测量流速(ml/s)	6.50	7.28	9.62	10.3	10.6	11.3	13.5	13.9
序号	9	10	11	12	13	14	15	16
压力值	4A	51	58	5B	62	69	6C	75
测量流速(ml/s)	14.8	16.7	18.1	18.4	19.8	20.2	20.8	20.8

[0029]

序号	17	18	19	20	21	22	23	24
压力值	7F	88	8D	94	98	A2	AF	BB
测量流速(ml/s)	24.9	25.6	26.7	28.1	28.2	29.4	31.5	32.6
序号	25	26	27	28	29	30	31	32
压力值	C3	CD	D4	DA	E3	E7	EE	F6
测量流速(ml/s)	34.3	34.9	36.0	36.2	38.1	38.2	39.8	39.6

[0030] 上表中，序号表示采样的压力值的编号，本表中，压力值是以 16 进制形式表示的，它与测量流速一一对应。

[0031] S1.2 根据步骤 S1 中建立的液体压力－流速数据组，假设逼近函数的阶次，通过最小二乘法计算对应于上述阶次的逼近函数的系数，从而得到液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P）。

[0032] 假设逼近函数的阶次，可以先从低阶如一阶线性函数开始，如不能达到系统的精度要求则可选择高一阶的的逼近函数。在本实施例中，实验结果表明，采用二次逼近函数已可满足检测精度要求。选择逼近函数为 $V(P) = a_0+a_1P+a_2P^2$。式中 V(p) 为液体流速；P 为液体压力；a_0、a_1和 a_2为待定的系数，a_0、a_1和 a_2可通过最小二乘法计算。

[0033] 所采用的最小二乘法算法如下：

[0034] $Q_0(P) = 1$

[0035] $Q_1(P) = (P-a_0)$

[0036] $$Q_2(P) = (P-a_1)Q_1 - \frac{d_1}{d_0}$$

[0037] $$d_j = \sum_{k=0}^{n} Q_j^2(P_k)$$

[0038] $$a_j = \frac{\sum_{k=0}^{n} P_k Q_j(P_k)}{d_j}$$

[0039] 上式中的 Qn() 是标准的最小二乘法算法公式，n=1、2 或 3。

[0040] 由表 1 所示的液体压力和流速数据组，采用上述最小二乘法，计算出二次逼近函数的各系数为：a_0= 1.036、a_1= 0.2123、a_2= -0.0002208。

[0041] 在方程式 $V(P) = a_0+a_1P+a_2P^2$ 中，a_0、a_1和 a_2与液体的比重、液体存储瓶的结构等相关。所以为了保证系统的精度，采样的液体压力值的个数要求大于逼近函数的阶次，采样的液体压力值基本覆盖液面从高到低液体压力值的全量程。

[0042] 根据研究实验，对于等截面的液体存储瓶，取二次逼近函数即可满足精度要求。对于变截面的液体存储瓶，则须提高逼近函数的阶次。因此，要根据测量的数据表，计算出上述每种液体的系数，a_0、a_1和 a_2等。

[0043] S1.3 根据所述函数关系式 V(P)和液体压力 - 流速数据组判断所选阶次的逼近函数是否满足系统精度要求，如不满足，则提高逼近函数的阶次，重新计算液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P），直到该阶次的函数关系式 V（P）满足系统精度要求为止。

[0044] 是否满足系统精度要求的判断方法为，通过上述步骤中得到的液体压力 P 与流速 V 的函数关系式 V（P），计算出各压力对应的流速 V（P），即为表 2 中的计算流速，它与步骤 S1.1 中得到的测量流速一一对应，如下表所示。计算测量流速与计算流速的差值，并求取上述差值与测量流速的比值关系，在上述比值处于系统的精度要求标准范围内时，即判断所选择的阶次的逼近函数满足系统检测精度要求，否则，则需提高逼近函数的阶次。

[0045] 表 2

[0046]

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
压力值	1B	22	29	2B	34	37	3C	44
测量流速(ml/s)	6.50	7.28	9.62	10.3	10.6	11.3	13.5	13.9
计算流速(ml/s)	6.27	8.00	9.37	9.76	11.5	12.0	13.0	14.5
序号	9	10	11	12	13	14	15	16
压力值	4A	51	58	5B	62	69	6C	75
测量流速(ml/s)	14.8	16.7	18.1	18.4	19.8	20.2	20.8	20.8
计算流速(ml/s)	15.5	16.8	18.0	18.5	19.7	20.9	21.4	22.9
序号	17	18	19	20	21	22	23	24
压力值	7F	88	8D	94	98	A2	AF	BB
测量流速(ml/s)	24.9	25.6	26.7	28.1	28.2	29.4	31.5	32.6
计算流速(ml/s)	24.4	25.8	26.5	27.6	28.2	29.6	31.4	32.9
序号	25	26	27	28	29	30	31	32
压力值	C3	CD	D4	DA	E3	E7	EE	F6

[0047]

测量流速(ml/s)	34.3	34.9	36.0	36.2	38.1	38.2	39.8	39.6
计算流速(ml/s)	34.0	35.3	36.1	36.8	37.9	38.3	39.1	39.9

[0048] S2. 对上述函数关系式 V（P）进行积分求取液体在某段时间内的流量 M

[0049] 由物理学可知，流量为流速之积分，即

[0050] $$M=\int_{t0}^{t1}V(p)dt \qquad 1)$$

[0051] 式中 M 为时间从 t_0 至 t_1 的液体流量。

[0052] 由数值积分的梯形公式可知：

[0053]

$$M=\frac{1}{2}\sum_{k=0}^{n-1}\{V[P(kT')]+V[P(k+1)T']\}T' \qquad 2)$$

[0054] 式中，T’为积分时间步长，试验时，可以尝试不同的积分时间步长 T’，以提高测量精度。在本实施例中积分时间步长 T’取 0.5s，t0 和 t1 为两个时间点，且 t0<t1，V[P(kT’)]表示液体流速，k=0 时，对应 t0 时刻的流速。

[0055] 从 t0 至 t1 时间内，每隔时间 T’测量一次出液口处的液体压力 P，由上述公式 1）、2）求取液体在 t0 至 t1 时间内的流量 M。

[0056] 因此，对任何一种液体来说，在得到存储该液体在出液口压力与流速之间的函数关系后，仅需监测出液口压力即可检测微流量液体的总流量。

[0057] 本发明也实施于国家“863”重大专项项目“组织工程神经及其支架材料的研制与

应用”（2006AA02A130）的课题过程中，较精确地测量了各种萃取液的流入量。该系统中共有四种萃取液，包括蒸馏水、脱氧胆酸钠、Triton X-100 和 PBS，比重各不相同。各种萃取液的流速为 0 ～ 144L/h，远远小于现有流量计所能够测量的范围。各种萃取液均经由电磁阀控制导入萃取器皿，各液体导入萃取器皿的示意图如图 1 所示。

[0058] 将本发明的方法应用到蒸馏水、脱氧胆酸钠、Triton X-100 和 PBS 这四种萃取液的流量测量中，比较计算出的流量 M 和用量杯测量的液体流量数据，具体精度如下：蒸馏水：0.55%；脱氧胆酸钠：0.58%；PBS：0.9%；TRITONX-100：0.6%。从上述可看出，本发明不但能满足系统的精度要求，且实现非常简单，仅需一个差压传感器和一个量杯便可实现，成本要求非常低，适合推广。

[0059] 上述实施例只是本发明的其中优先实施方式，然而本发明的实施方式不限于此，根据本发明的上述内容，按照本领域的普通技术知识和惯用手段，在不脱离本发明上述基本技术思想前提下，本发明做出其它多种形式的修改、替换或变更，均实现本发明的目的。

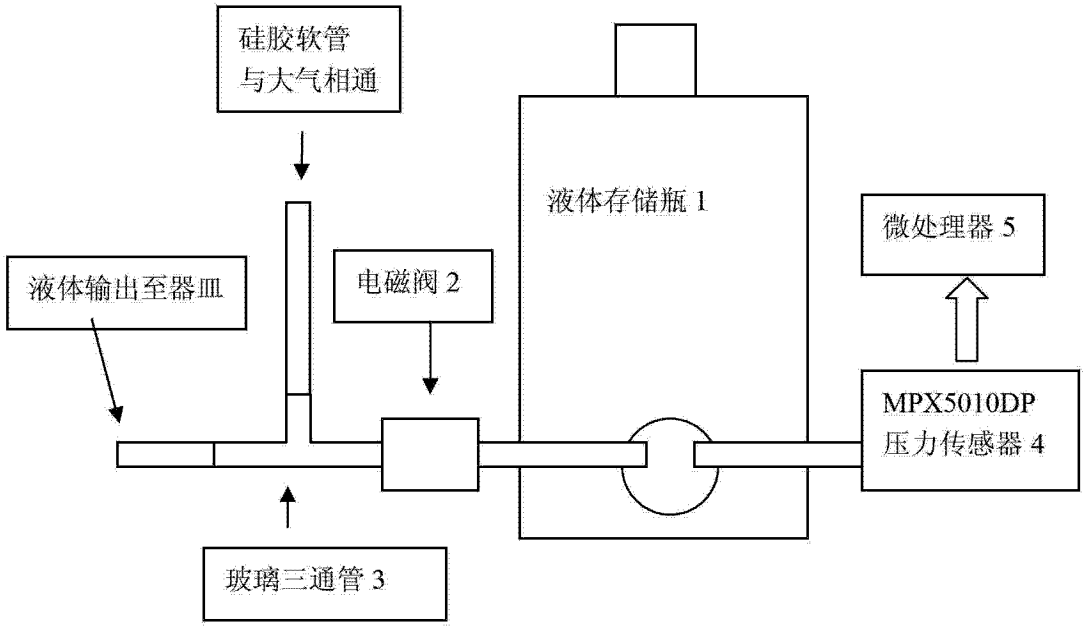

硅胶软管
与大气相通
液体存储瓶 1
微处理器 5
液体输出至器皿
电磁阀 2
MPX5010DP
压力传感器 4
玻璃三通管 3

图 1