

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01M 9/02

G01P 5/16



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00101566.4

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1129782C

[22] 申请日 2000.1.19 [21] 申请号 00101566.4

[71] 专利权人 山西省气象局

地址 030002 山西省太原市新建路 145 号

共同专利权人 西南交通大学

[72] 发明人 傅瀛涛 孙君武 蔡 婧

审查员 丁惠玲

[74] 专利代理机构 山西太原科卫专利事务所

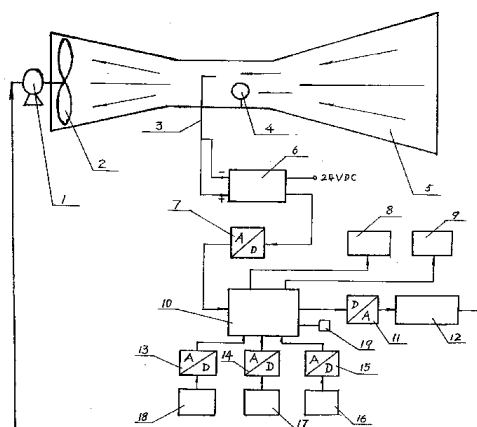
代理人 雷立康

权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 1 页

[54] 发明名称 自动检测和自动控制风洞风速的方法及装置

[57] 摘要

本发明涉及一种自动检测和自动控制风洞风速的方法及装置。该自动检测和控制的办法是：由皮托管将风洞内的气流引出，经差压变送器获得差压信号输入计算机中，由计算机算出相当风速，采集气压、温度和相对湿度的数值输入计算机，算出总修正系数 K 值并得出实际风速值；计算机根据所得的 D/A 值与测点风速值生成风速模糊控制规则控制风洞电机转速，使风速自动定点稳定。本发明具有测量灵敏度、精确度和准确度高、操作简便等优点。



1、一种自动检测和自动控制风洞风速的方法，其特征是：它包括下列步骤：

(1)、运行开始，计算机采集 0m/s 风速时差压变送器的电压并定为起点电压，此时给计算机输入被检风速表的类型代码及表号、检定程序选择代码；

(2)、同时由气压传感器、温度传感器和相对湿度传感器随时采集风洞室内的气压、温度和相对湿度值并经模数转换器 (A/D) 输入计算机中，计算机根据总修正系数公式 $K = K_{\rho} \sqrt{\xi}$ 计算出 K 值；

(3)、依据风速 $V = 1.278K \sqrt{P_v}$ 公式，将计算机所得的对应测点风速的输出值 (D/A 值) 与测点风速值生成风速模糊控制规则存入磁盘中；

(4)、由皮托管将风洞内的气流引出，形成总压力和静压力，同时将总压力和静压力分别输入至差压变送器，获得差压信号 (P_v) 的模拟信号，差压信号 (P_v) 的模拟信号经模数转换器 (A/D) 转换成数字信号输入计算机中，由计算机计算出相当风速值；

(5)、用气压传感器、温度传感器和相对湿度传感器将各自采集的气压、温度和相对湿度数值的模拟信号经各自的模数转换器 (A/D) 转换成数字信号进入计算机，用空气密度修正系数公式 $K_{\rho} = \sqrt{\frac{1013.25(273.15+t)}{288.15(P-0.378U_{ew})}}$

计算出 K_{ρ} ，再与预先存入的皮托管系数 ξ 计算出总修正系数 K 值；

(6)、总修正系数 K 值乘以相当风速值得出在测点的实际风速值并当即显示；

(7)、将测点的实际风速值与存入计算机的标准值比较，如超差则停止检定，如合格，计算机即输出控制信号，进入下一测试点进行检测；

(8)、当空气密度的变化引起实际风速的计算值有偏离时，总修正系数 K 值能随时通过空气密度修正系数 K_{ρ} 得到修正，进而修正实际风速；

(9)、由计算机输出控制指令并通过数模转换器 (D/A) 将数字信号转变为模拟信号经调速器控制电机转速，延时期间仍按模糊控制规则微调电机转

速，使风速稳定。

2、根据权利要求 1 所述的一种自动检测和自动控制风洞风速的方法，其特征是：它既可以选择单个风速点进行自动检测和控制，也可以选择多个风速点或全过程的连续自动检测和控制。

3、根据权利要求 1 所述的一种自动检测和自动控制风洞风速的方法，其特征是：给计算机输入不同类型的被检风速表的类型代码和检定程序选择代码，计算机便可给出各型表不同的控制点，稳定时间，读数延时时间和电机升、降速时间。

4、根据权利要求 1 所述的一种自动检测和自动控制风洞风速的方法，其特征是：该方法适用于直路或回路两种风洞使用。

5、一种为实现权利要求 1 所述的方法而设计的自动检测和自动控制的装置，其特征是：它包括以下部件：

(1)、安装在风洞中的皮托管，它可将风洞内的气流引出形成总压力和静压力；

(2)、与皮托管连接并能将压力差模拟成电压值的差压变送器；

(3)、将差压变送器的模拟电压值转换成数字信号的模数转换器 (A/D)，模数转换器 (A/D) 的输入端与差压变送器连接，其输出端与计算机连接；

(4)、采集风洞室的气压、温度和相对湿度的气压传感器、温度传感器和相对湿度传感器，它们分别与各自的模数转换器 (A/D) 的输入端连接，模数转换器 (A/D) 的输出端与计算机连接；

(5)、能计算各种风速值和处理各类风速表的检定结果并采用模糊控制算法控制风洞风速的计算机主机，它与四个模数转换器 (A/D) 和一个数模转换器 (D/A) 连接，它还与显示器和打印机连接；

(6)、一个能显示各种参数及风洞风速数值的显示器；

(7)、一个能打印检定和测试结果的打印机；

(8)、将计算机的控制指令转换成模拟信号的数模转换器 (D/A)，其输

入端与计算机连接，输出端与电机调速器连接；

(9)、能控制风洞电机转速的电机调速器，它的输入端与数模转换器(D/A)的输出端连接，其输出端与风洞电机连接。

6、根据权利要求 5 所述的自动检测和自动控制的装置，其特征是：所述电机调速器为交流变频器或直流电压调速器。

7、根据权利要求 5 所述的自动检测和自动控制的装置，其特征是：该装置适用于直路或回路两种风洞使用。

自动检测和自动控制风洞风速的方法及装置

本发明涉及一种自动检测和自动控制风洞风速的方法及装置。

风洞通常用于空气动力实验和检定风速表等测风仪器的科研和量值传递。根据风洞的用途不同，其大小、构造、形状也不相同。目前对各类风洞风速的测试手段和方法基本相同：一、用皮托管（风速管）从风洞内将差压信号引出，进入补偿式微压计，然后由人工调整刻度盘，观察水准尖位于似切非切时，读取水柱高度，即差压值（ P_v ）。在标准状态下：气压 $P=1013.25\text{hPa}$ ；温度 $T=15^\circ\text{C}$ ；相对湿度 $U=0\%$ 时，将 P_v 代入标准状态下的相当风速计算公式 $V_{\text{相当}}=1.278\sqrt{P_v}$ 即等于实际风速值 V 。当测量时的环境状态不是上述标准状态时，实际风速则不等于相当风速。为获取非标准状态下的实际风速值，需计算出空气密度修正系数，给予修正。方法是：1、读取当时的大气压力、室温、相对湿度各值，代入空气密度修正系数计算公式得出 K_p ；2、将 K_p 代入总修正系数计算公式得出 K 。3、用 K 乘以相当风速值得出实际风速值。这样，才能获得某一个测试点上的实际风速。二、风洞风速的大小与电机转速成正比。因此需要通过控制电机的转速来实现所需要的差压值。目前由人工通过观测微压计示值改变直流电压或交流频率来完成。但当电压或频率一定时，由于其它各种因素可能引起风速的不稳定，人工跟踪调整的速度又远远跟不上差压的波动，最终取得的测试数据也只能是几个近似值的平均值。由上可知，上述方法存在的缺点是：1、人工读数准确度差；2、测量灵敏度和精度低；3、不能迅速给出被测量的风速值；4、差压在某一值上的波动无法控制。

本发明的目的是提供一种采用模糊控制算法的方法，提高测量的精确度、准确度和灵敏度，提高测量速度并完全实现检测和控制自动化的自动检测和自动控制风洞风速的方法及装置。

本发明的任务是这样实现的：该自动检测和自动控制风洞风速的方法是：它包括下列步骤：

(1)、运行开始，计算机采集 0m/s 风速时差压变送器的电压并定为起点电压，此时给计算机输入被检风速表的类型代码及表号、检定程序选择代码；

(2)、同时由气压传感器、温度传感器和相对湿度传感器随时采集风洞

室内的气压、温度和相对湿度值并经模数转换器（A/D）输入计算机中，计算机根据总修正系数公式 $K = K_{\rho} \sqrt{\xi}$ 计算出 K 值；

（3）、依据风速 $V = 1.278K\sqrt{P_v}$ 公式，将计算机所得的对应测点风速的输出值（D/A 值）与测点风速值生成风速模糊控制规则存入磁盘中；

（4）、由皮托管将风洞内的气流引出，形成总压力和静压力，同时将总压力和静压力分别输入至差压变送器，获得差压信号（ P_v ）的模拟信号，差压信号（ P_v ）的模拟信号经模数转换器（A/D）转换成数字信号输入计算机中，由计算机计算出相当风速值；

（5）、用气压传感器、温度传感器和相对湿度传感器将各自采集的气压、温度和相对湿度数值的模拟信号经各自的模数转换器（A/D）转换成数字信号进入计算机，用空气密度修正系数公式 $K_{\rho} = \sqrt{\frac{1013.25(273.15+t)}{288.15(P-0.378U_{ew})}}$

计算出 K_{ρ} ，再与预先存入的皮托管系数 ξ 计算出总修正系数 K 值；

（6）、总修正系数 K 值乘以相当风速值得出在测点的实际风速值并当即显示；

（7）、将测点的实际风速值与存入计算机的标准值比较，如超差则停止检定，如合格，计算机即输出控制信号，进入下一测试点进行检测；

（8）、当空气密度的变化引起实际风速的计算值有偏离时，总修正系数 K 值能随时通过空气密度修正系数 K_{ρ} 得到修正，进而修正实际风速；

（9）、由计算机输出控制指令并通过数模转换器（D/A）将数字信号转变为模拟信号经调速器控制电机转速，延时期间仍按模糊控制规则微调电机转速，使风速稳定。

上述方法既可以选择单个风速点进行自动检测和控制，也可以选择多个风速点或全过程的连续自动检测和控制。

给计算机输入不同类型的被检风速表的类型代码和检定程序选择代码，计算机便可给出各型表不同的控制点，稳定时间，读数延时时间和电机升、降速时间。

上述方法适用于直路或回路两种风洞使用。

一种为实现上述的方法而设计的自动检测和自动控制的装置，它包括以下部件：

(1)、安装在风洞中的皮托管，它可将风洞内的气流引出形成总压力和静压力；

(2)、与皮托管连接并能将压力差模拟成电压值的差压变送器；

(3)、将差压变送器的模拟电压值转换成数字信号的模数转换器(A/D)，模数转换器(A/D)的输入端与差压变送器连接，其输出端与计算机连接；

(4)、采集风洞室的气压、温度和相对湿度的气压传感器、温度传感器和相对湿度传感器，它们分别与各自的模数转换器(A/D)的输入端连接，模数转换器(A/D)的输出端与计算机连接；

(5)、能计算各种风速值和处理各类风速表的检定结果并采用模糊控制算法控制风洞风速的计算机主机，它与四个模数转换器(A/D)和一个数模转换器(D/A)连接，它还与显示器和打印机连接；

(6)、一个能显示各种参数及风洞风速数值的显示器；

(7)、一个能打印检定和测试结果的打印机；

(8)、将计算机的控制指令转换成模拟信号的数模转换器(D/A)，其输入端与计算机连接，输出端与电机调速器连接；

(9)、能控制风洞电机转速的电机调速器，它的输入端与数模转换器(D/A)的输出端连接，其输出端与风洞电机连接。

上述电机调速器为交流变频器或直流电压调速器。

上述装置适用于直路或回路两种风洞使用。

由于本发明采用了上述技术方案，因此与背景技术相比，具有下列优点：

1、提高了测量的灵敏度、精确度和准确度：由于采用了计算机和高精度的差压变送器，因此提高了测量的灵敏度、精确度和准确度，提高了工作效率，减轻了工作人员的劳动强度；

2、操作简便，实现了检测 and 控制的自动化。

本发明可广泛用于航空制造业、大专院校以及桥梁、建筑等领域的空气动力实验中，为气象、煤矿、风速表生产厂家等系统的计量部门提供了良好的工作环境和可靠的检测手段。

下面结合附图和实施例对本发明作进一步的描述。

图 1 是本发明的自动检测和自动控制风洞风速的装置的示意图。

如图 1 所示, 本发明的装置包括: 装在开路风洞 5 工作段的皮托管 3, 其输出端与微差压变送器 (DR1151 型) 6 的输入端联接, 将风洞 5 内的气流引出形成总压力和静压力并输入微差压变送器 6 中; 微差压变送器 6 的电源端接直流 24V 电源, 其输出端与模数转换器 (A/D 9007 型) 7 的输入端联接, 模数转换器 (A/D) 7 的输出端与计算机 (386 型) 10 连接, 把微差压变送器 6 输入的差压值转换成数字信号输入给计算机 10; 气压传感器 (XDY-01 型) 18、温度传感器 17 和相对湿度传感器 16 (HK8816D 型) 的输出端与模数转换器 (A/D 9007 型) 13、14 和 15 的输入端联接, 模数转换器 (A/D) 13、14、15 的输出端与计算机 10 连接, 计算机 10 还与数模转换器 (D/A 9006 型) 11 的输入端连接, 数模转换器 (D/A) 11 的输出端与变频调速器 (FVB040E7S-4EX) 12 的输入端连接, 变频调速器 12 的输出端与风洞 5 的交流电机 1 连接, 以实现自动控制风洞风速; 显示器 8 和打印机 9 与计算机 10 的输出端口连接; 在交流电机 1 的轴上装有风扇 2。被检风速表 4 也装在风洞 5 的工作段中。图中 19 为记录键, 与计算机 10 连接。

上述装置中还设有红绿灯和音响提示器。正常工作时, 绿灯常亮。提示读数时, 绿灯亮、红灯闪并且音响提示器发出间断式长音。报警时, 绿灯灭、红灯快闪, 音响提示器发出短促的音响。停机时, 红、绿灯均灭。

使用上述装置自动检测和自动控制风洞风速的方法 (以检定 DEM6 型三杯式轻便风向风速表为例):

该检定程序为全过程, 即进行: 启动风速, 1.5m/s, 5.0m/s, 10.0m/s, 15.0m/s, 20.0m/s, 25.0m/s, 30.0m/s 风速的测试。

检定的步骤如下:

1、首先将皮托管装在风洞工作段内, 被检风速表安装在工作段内且位于皮托管的一侧。

2、给计算机、微差压变送器、气压传感器、温度传感器、相对湿度传感器、变频调速器顺序上电。

3、计算机进入检定程序设置, 气压、温度和相对湿度的数值经模数转换器 (A/D) 转换成数字信号进入计算机中并显示。

4、微差压变送器将 0m/s 风速的零差压信号经模数转换器 (A/D) 输入计算机并定为起点电压。

5、用鼠标点入存入计算机中的被检风速表类型代码（DEM6 型表代码为 1）和检定程序选择代码 B（单点、多点代码为 A，全过程代码为 B），用键盘输入表号（出厂编号 83-1948）。

6、计算机将输入的气压、温度、相对湿度的数值代入空气密度修正系数公式 $K\rho = \sqrt{\frac{1013.25(273.15+t)}{288.15(P-0.378U_{ew})}}$ 和总修正系数公式 $K=K\rho\sqrt{\xi}$ 中计算出 $K\rho$ 和 K 值。

7、依据风速 $V=1.278K\sqrt{P_v}$ 公式，将计算机所得的对应测点风速的输出值（D/A 值）与测点风速值生成风速模糊控制规则存入磁盘中，作为计算机输出控制指令用。

8、测启动风速：按“回车”键电机开始缓慢转动，此时风洞中的气流由皮托管引出，形成总压力和静压力，同时分别输入微差压变送器的正、负压室，形成差压 P_v ，微差压变送器输出差压 P_v 模拟电信号并通过模数转换器（A/D）转换成数字信号输入计算机；当被检风速表风杯由静止到缓慢匀速转动时，按下记录键，此时电机匀速运行，微差压变送器自动采集 P_v 值，气压传感器、温度传感器和相对湿度传感器自动采集气压、温度和相对湿度数值，经模数转换器（A/D）输入计算机，计算机算出实际启动风速，并显示结果。

9、将该实际启动风速与存入计算机的国家计量标准值比较，如超差则停止检定。如合格，计算机即输出控制信号，经数模转换器（D/A）转换成模拟信号，控制电机开始向 1.5m/s 风速检定点升速。

10、当计算机输出的 D/A 值等于 1.5m/s 风速对应的 D/A 值时，开始稳定电机转速，稳定延时一分钟后，音响发音红灯亮提示检定员读取被检风速表示值（风速指示值）。在继续延时二分钟的过程中，微差压变送器连续采集差压 P_v 值，延时结束时，计算机将采集的数据累积计算平均值，然后算出该点的实际风速值并显示。

11、键入被检风速表在该点的风速示值。

12、计算机将实际风速值与被检风速表示值的差值与国家计量标准值比较并显示。超差则停止检定；合格则自动进行下一个测试点 5.0m/s。

13、当进行完预先输入的检定点程序时，计算机自动输出信号给数模转换器（D/A），将数字信号转换成控制电信号，使电机转速回零。计算机进行

参数回归运算，提示打印结果，将线性误差、各检定点参数和修正值等数据用表格打出。

被检风速表类型代码见下表：

被检风速表类型	测量范围	代码
DEM6 型轻便三杯风向风速表	1.0~30.0 m/s	1
DEM6 型轻便三杯风向风速表	1.0~20.0 m/s	2
轻便磁感风向风速表	2.0~30.0 m/s	3
矿用风速表（高速）	0.8~25.0 m/s	4
矿用风速表（中速）	0.5~10.0 m/s	5
矿用风速表（低速）	0.3~5.0 m/s	6
热球式风速仪	0.05~5.0 m/s	7
热球式风速仪	0.05~10.0 m/s	8
热球式风速仪	0.05~5.0m/s 5.0~30.0m/s	9
（备用格）		10

上述自动检测和自动控制风洞风速的方法，不仅可全过程检定，还可以进行单点和多点检定，其检定程序选择代码是：单点和多点检定代码为 A，全过程检定代码为 B。如选多点检定，可一次选完，检定时电机连续运行，不用单个选择。

给计算机输入不同类型的被检风速表类型代码和检定程序选择代码，计算机便可给出各类型表不同的控制点（即计算机根据所得的对应测点风速的输出值（D/A 值）与测点风速值生成风速模糊控制规则）、稳定时间（1-2 分钟）、读数延时时间（1-2 分钟）和电机升、降速时间（根据电机风速高低来定）。

上述实施例中的交流电机还可以选用直流电机代替，用直流电机时需用直流电压调速器进行调速。

上述装置的自动检测和自动控制风洞风速的方法不仅可用于直路风洞，还可以用于回路风洞。

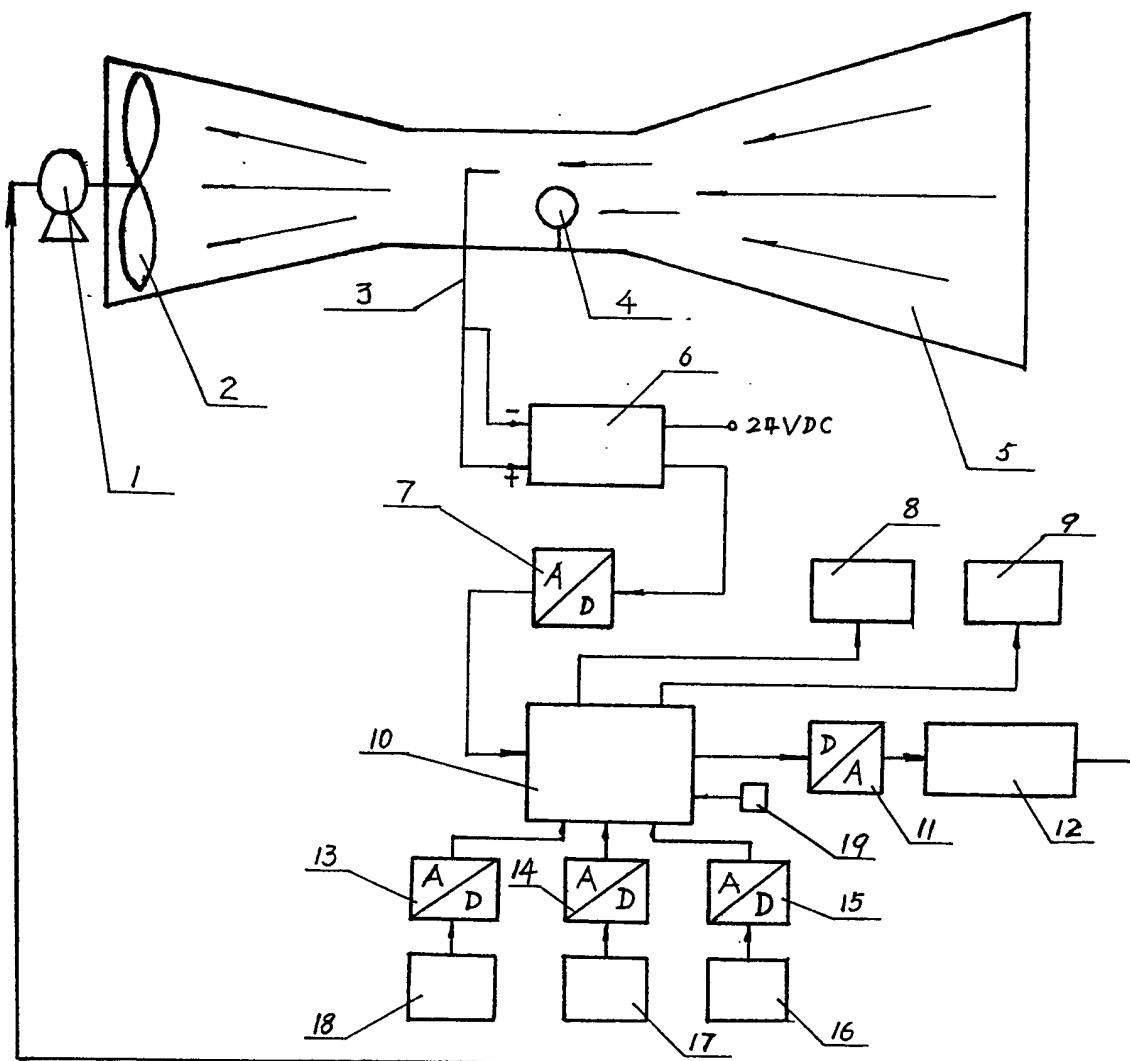


图 1