

八通道气体智能测控仪

顾文照 钟 宁 邵佩炎¹ 王 涛¹

(医药电子仪表教研室;¹江苏无线电厂,南京 210018)

摘要 将单片机及计算技术引入气敏法测量中,实现了气体的多通道多功能智能测控。针对多通道结构和气敏传感器的特点,设计了多种软件,减弱了气敏测量中温漂、时漂的影响,实现了一机适用多种气体和传感器的可置换性。研制了预测技术,克服了响应中的滞后现象。仪器还具备浓度数据贮存,事故数据记忆,群控及测量传感器响应与恢复特性等功能。

关键词 通道;智能;测控仪;单片机;气敏传感器;气敏法测量;巡回采样

1 概 述

八通道气体智能测控仪是用气敏法测量气体浓度及其相关量的智能设备。气敏法测量中,由于其信号采集的现场性及方便快速可以一机多用等优点使其在气体测量中具有诱人前景。但气敏传感器存在的一系列缺陷,又使它在应用中碰到许多障碍:其响应对加热电流十分敏感,其温漂、时漂显著,易蜕变、中毒,在实时测控中,其响应特别是恢复特性仍具有明显的滞后,加之气体测量装置本身在标定上的繁复与不确定性,使应用研究者望而却步。实际上,气敏法至今仍未脱离报警之类的简单应用。

本研究是使气敏法测量走向高级应用的一种尝试。针对气敏传感器的特长和弱点,本仪器在设计和构思上具有如下特征:它摆脱了以往气敏测量装置设计中的简单模式,采用了多通道和智能模式,具有丰富的软件支持,这使它的功能和应用领域大大拓宽;采用恒流加热和零位补偿程序,减低了传感器温漂和零位漂移的影响;利用多通道的长处,研制了专门软件,简便地实现了对中毒、蜕变或置换路传感器的再标定,赋予了仪器中传感器的易置换特性;研制了预测技术,一定程度

上克服了气体浓度急速变化时,在浓度测量显示和控制上的滞后,赋予了气敏法测量的实时性等。

2 功能与用途

2.1 浓度测量

动态下(指气体浓度变化时,下同)具有预测功能。浓度值由仪器本身的 LED 显示器(4 位)显示或微打输出(计量单位:ppm,最小显示单位 1 ppm)。

2.2 八路巡回采样和定路采样两种测量方式

巡回采样时,每路采样间隔 1 s,定路采样时,可沿时间轴逐点进行,其点数和点间时间间隔可任意设置(测量数据自动存入存贮器)。后一方式,使仪器具有定量测定传感器的响应和恢复特性的功能。

2.3 预警、报警功能

对不同的气体,对应的各预警、报警浓度限可任意设定。

2.4 可外接执行器

可实现对浓度有关的过程控制。

2.5 群控功能

将本仪器用作集中控制的终端,即可实现群控功能。

2.6 灵活的标定功能

标定时,其浓度-采样电压值可根据传感器特性及标定气体的不同任意输入和修改。

2.7 置换路的简易标定功能

传感器中毒、蜕变或置换时,毋需用标准气样再逐点重新标定,仪器会以其它正常路对待测气体任意两种未知浓度的测量平均值为基础对该路自动再标定。

2.8 设有 24 h 浓度数据库及 24 h 事故数据库

记录每路定时浓度和超限的浓度与路号,可随时取出显示或打印。设有 27 键,利用仪器本身的 LED 显示器,可实现人机对话。

3 电路与组成^[1]

由信号采集电路、运算与处理电路、显示电路及显示器、打印电路及微打、键盘电路及键盘、恒压及恒流电路组成。采用 QM211B 型传感器,分八路采集信息,每路 140 mA 恒流加热,10 V 工作电压,采样电阻 2 kΩ。信号放大后加接由高阻抗运放作成的跟随器作 ADC 的输入接口,每路均用四芯电缆连接主机与传感器,电缆屏蔽层接机壳,但不接地。信号处理、运算、显示、打印电路采用主从式单片机结构,从机专司打印,打印时主机 CPU 可照常工作,电路原理图见图 1。

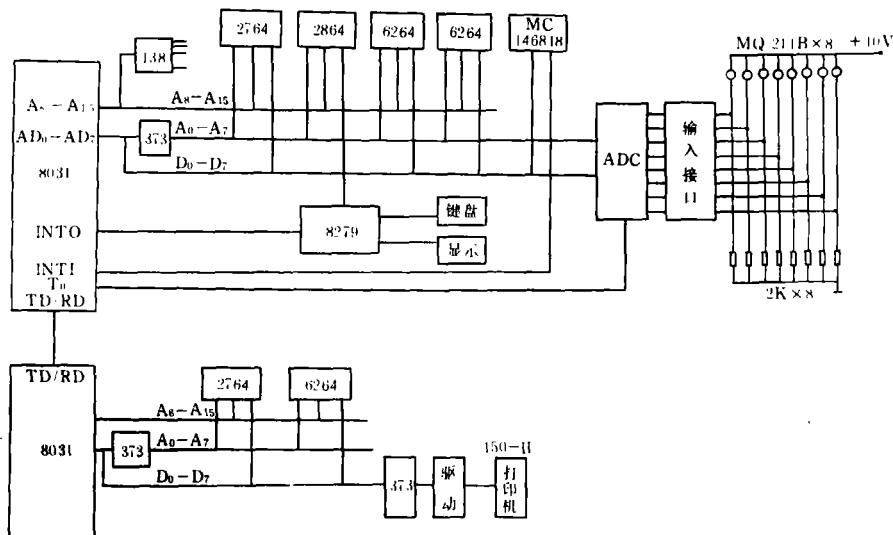


Fig 1. Principle diagram of sample, calculation process, display and print sections.

4 软件设计

系统软件采用自顶向下模块化程序设计方法,如上所述,从机专司打印,主机基本上按功能设置模块,其主流程如图 2。

几个关键性程序如下:

4.1 标定程序

用于仪器初始标定和定期计量。该程序逐点将标准气样浓度 C_i 和传感器对应的采样电压($V_i - V_0$)各取对数后存入存贮器。该标定方法依据是:在仪器的测量限内,大致存

在如下关系: $\lg(V_i - V_0) = A + \lg C_i$ 。用户可依测量精度的要求,增减标定的点数。测量时,仪器将在双对数基础上,在每一标定浓度区间内按线性插值法运算。由于温漂、时漂的影响,每次标定或测量前 V_0 可能并不相同,仪器会自动计入对应的 V_0 值代入算式。

4.2 置换标定程序

它是一种对蜕变或置换路的传感器的简易再标定程序。设置该程序的目的在于避免每次置换传感器或对蜕变路传感器进行校准时,均要按“4.1”中的要求配制各种浓度的标

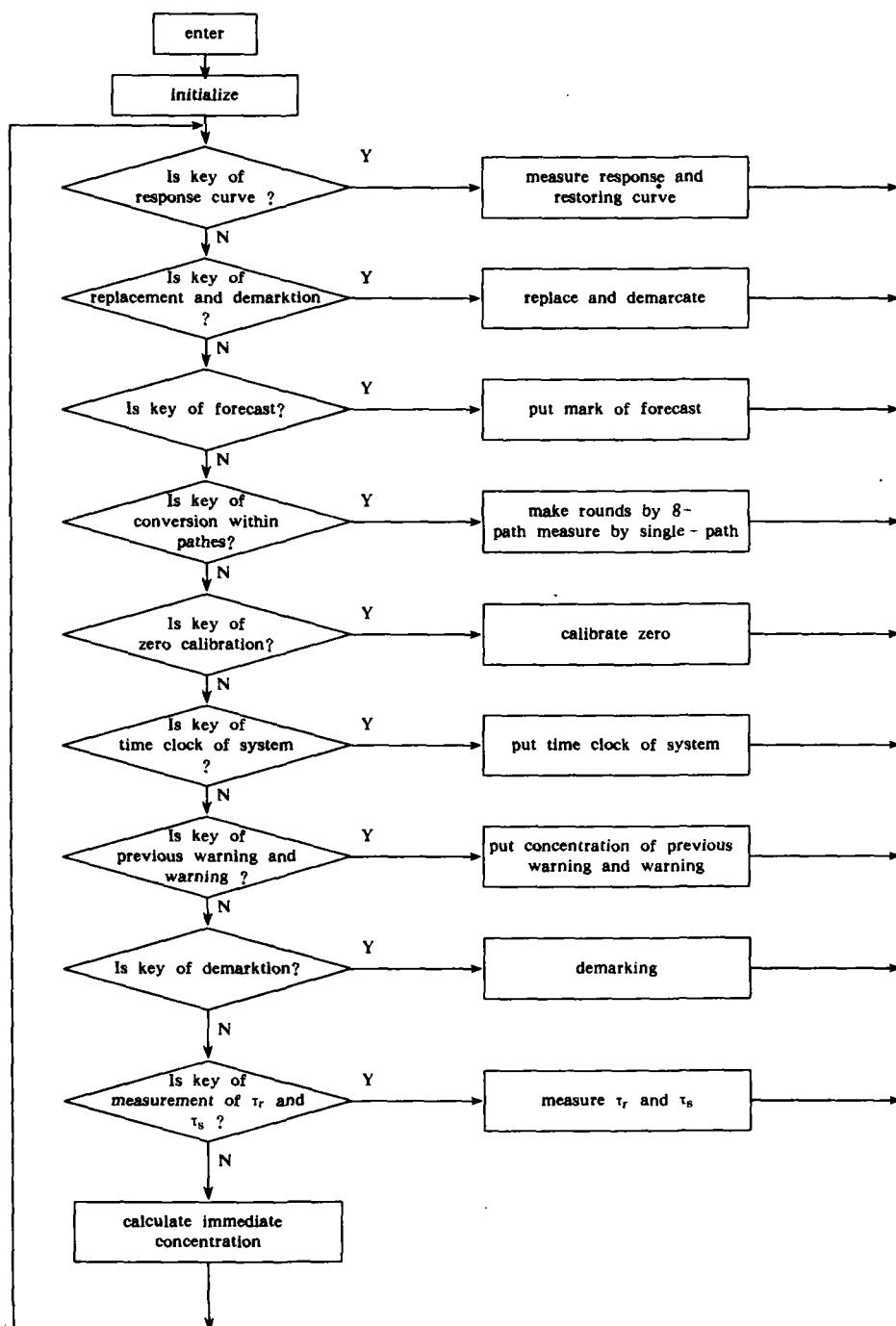


Fig 2. The main program of the system

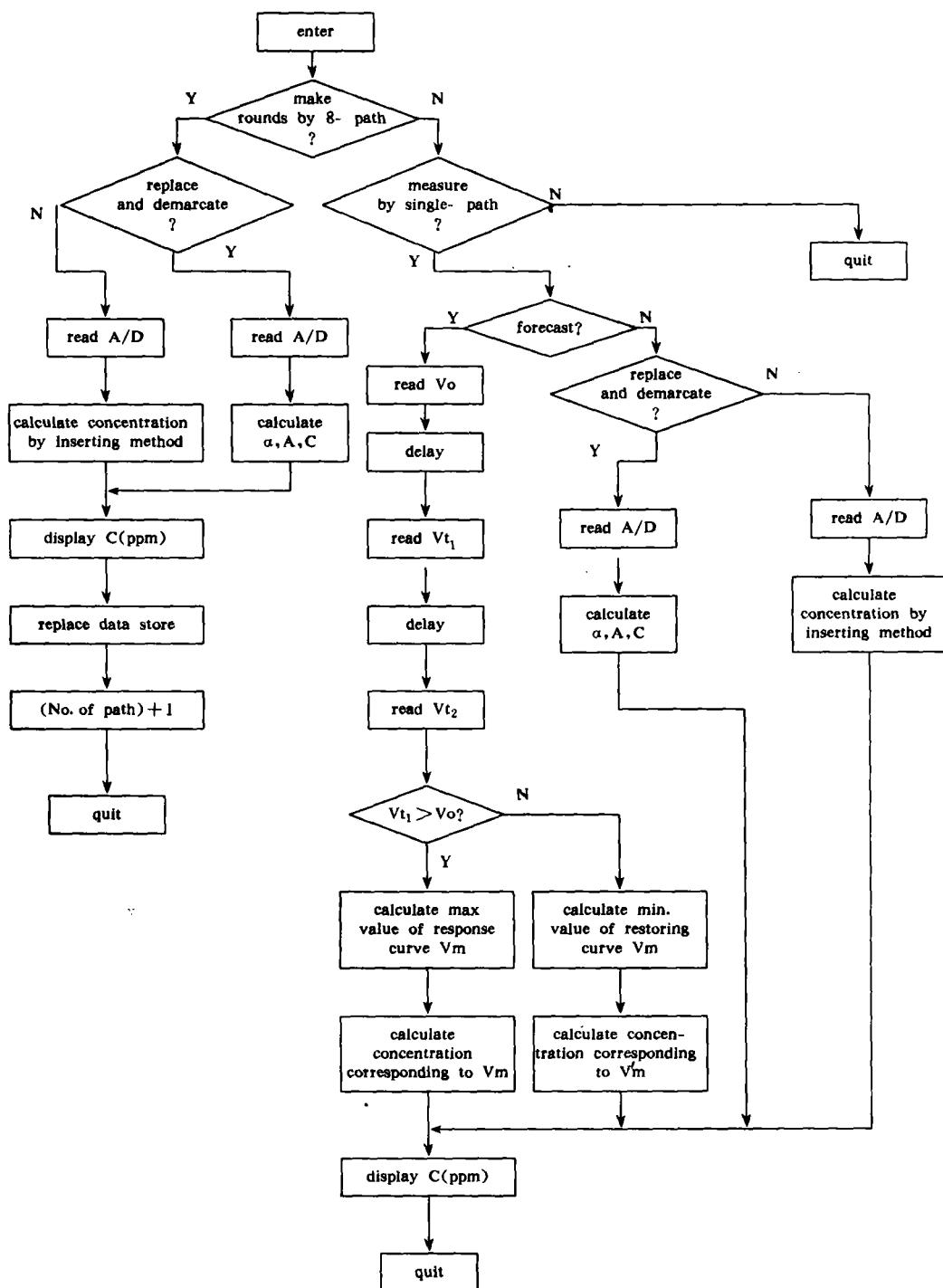


Fig. 3. Flow chart of calculating immediate concentration

准气体,但却仍能达到相当高的标定精度。该程序能将正常路对待测气体的任意两种浓度(毋需事先知道其浓度值)的测量值求平均,得出 \bar{C}_1 、 \bar{C}_2 ,并据待标定传感器在 C_1 、 C_2 气体中的采样电压 V_1 、 V_2 ,算出该路的 α 、 A ,从而完成该路的简易再标定:

$$\alpha = \lg \left(\frac{V_1 - V_0}{V_2 - V_0} \right) \left(\lg \frac{\bar{C}_1}{\bar{C}_2} \right)^{-1}$$

$$A = \lg (V_1 - V_0) - \lg \bar{C}_1$$

测量时,该路将自动根据上式显示测量结果:

$$C = \alpha^{-1} e^{\lg (V - V_0) - A}$$

4.3 预测程序

设置该程序目的在于消除传感器对浓度快速变化的气体响应时的滞后,使测量值接近同一时刻的气体瞬时值,使气敏法测控实现实时性。该程序牵涉的内容较多,详见文献[2]。主程序中计算即时浓度模块的程序流程图见图3。

5 应用举例

5.1 浓度测量(静态)

试验气体:90号车用汽油蒸汽。测量结果如表1。

Tab 1. Measurement of concentration (stable state)

| Conc. of standard gas, C_0 (ppm)* | Measured value, C (ppm) | | |
|--------------------------------------|---------------------------|----------|----------|
| | 1st path | 2nd path | 3rd path |
| 48 | 53 | 52 | 47 |
| 140 | 148 | 154 | 132 |
| 328 | 342 | 356 | 305 |
| 657 | 702 | 698 | 608 |
| 985 | 1025 | 1048 | 945 |
| 1047 | 1500 | 1512 | 1432 |
| 1877 | 1908 | 2036 | 1902 |
| 2345 | 2398 | 2468 | 2385 |
| $ \frac{C - C_0}{C_0} _{\max} (\%)$ | 10.4 | 8.3 | 7.4 |
| $ \frac{C - C_0}{2345} _{\max} (\%)$ | 4.0 | 6.8 | 1.7 |

*In this instrument each standard concentration is made by injected method. Calculating standard concentration of petrol, its average molecular weight replace by molecular weight of n-hexane (C_6H_{14}) by reference [3].

5.2 传感器置换测量(静态)

试验气体:90号车用汽油蒸汽;被置换

路:第4路,第5路。

置换路标定:用“4.2”中方法,先测得 $\bar{C}_1 = 321$ ppm, $\bar{C}_2 = 641$ ppm,最后得被置换路的测量结果如表2。

Tab 2. Measurement of concentration using replaced sensors (stable state)

| Conc. of standard gas, C_0 (ppm) | Measured value, C (ppm) | |
|--------------------------------------|---------------------------|----------|
| | 4th path | 5th path |
| 48 | 42 | 50 |
| 328 | 289 | 350 |
| 985 | 975 | 1011 |
| 1407 | 1385 | 1450 |
| 1877 | 1867 | 1926 |
| 2345 | 2267 | 2574 |
| $ \frac{C - C_0}{C_0} _{\max} (\%)$ | 12.5 | 9.8 |
| $ \frac{C - C_0}{2345} _{\max} (\%)$ | 3.3 | 9.8 |

5.3 传感器响应特性和恢复特性测量

响应特性测量

试验气体:90号车用汽油蒸汽。试验时浓度阶跃变化幅度: $C_m - C_0 = 985$ ppm。

试验传感器号:第6路传感器。

设置时间采样点数:200,采样点间隔:50 ms。采样电压的测量结果如表3。

Tab 3. Measurement of sampling voltage of response characteristic

| Series of sampling dots | Sampling voltage, V | Series of sampling dots | Sampling voltage, V |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| <27* | 1.04 | 39 | 2.27 |
| 27 | 1.07 | 40 | 2.33 |
| 28 | 1.12 | 41 | 2.38 |
| 29 | 1.26 | 42 | 2.41 |
| 30 | 1.39 | 43 | 2.44 |
| 31 | 1.53 | 44 | 2.49 |
| 32 | 1.67 | 45 | 2.52 |
| 33 | 1.78 | 46 | 2.55 |
| 34 | 1.89 | 47 | 2.58 |
| 35 | 1.97 | 48 | 2.58 |
| 36 | 2.08 | 49 | 2.60 |
| 37 | 2.16 | ... | ... |
| 38 | 2.22 | 200 | 2.77 |

*For the sake of catching the sampling voltage when concentration is stepped, the sampling program must be started ahead of the step. The data of Tab 3. shows that sampling program is started ahead of the step for 27 sampling intervals in this test.

恢复特性测量

试验气体:无水乙醇蒸汽。试验时浓度阶跃变化幅度: $C_0 - C_m = 524 \text{ ppm}$ 。

试验传感器号:第 6 路传感器。

设置时间采样点数:200, 采样点间隔:200 ms。采样电压的测量结果如表 4。

Tab 4. Measurement of sampling voltage of restoring characteristic

| Series of sampling dots | Sampling voltage, V | Series of sampling dots | Sampling voltage, V |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| <31 | 5.07 | 43 | 3.26 |
| 32 | 4.88 | 44 | 3.18 |
| 33 | 4.72 | 45 | 3.07 |
| 34 | 4.50 | 46 | 2.99 |
| 35 | 4.30 | 47 | 2.88 |
| 36 | 4.08 | 48 | 2.77 |
| 37 | 3.89 | 49 | 2.71 |
| 38 | 3.76 | 50 | 2.63 |
| 39 | 3.62 | 51 | 2.55 |
| 40 | 3.51 | ... | ... |
| 41 | 3.43 | 200 | 0.87 |
| 42 | 3.34 | | |

由表 3、表 4 即可绘出精确的响应和恢复特性曲线。

5.4 动态浓度测量(预测)

见文献[2]中《气敏法动态浓度测量中的智能预测技术研究》一文所列。

6 讨论

6.1 适用范围

本仪器测量方法适用于任何能被传感器所敏感的单一组分气体或单一物质蒸汽。因此,对混合气体或混合物质来说,本法反映的是该物质各组分的总体效应,而不具体表明组成该物质的各组分气体或蒸汽的浓度。从这点而论,反映了气敏法测量中缺乏选择性的缺点,但从另一角度说,则又赋予了本仪器

以一机多用的很大优点,亦即只要事先用能被气敏传感器感应的气体对仪器进行标定,则仪器就能用于该气体的测量、控制,这大大拓宽了仪器的应用范围,且使得测控费用大幅度降低。这对具有特定气体环境的应用具有很大的实用价值。

6.2 测量误差

测量误差来源于三方面:标准气配制及标度误差、传感器采集信号误差和测量电路误差。通常测量电路引起的误差是微乎其微的,故误差来源主要是前二者。试验中,我们采用注入法配制标准气,按文献[4],这时的配气误差主要来源于容器的吸附和气体的沉降等因素,情况很复杂,在我们所使用的浓度范围内,其误差一般约为 10% 或以下。

传感器采样误差决定于传感器本身性能及其使用条件(老化、加热条件、零漂处理、使用环境等),从表 1 表 2 的结果看,这项误差最大时也在 10% 左右,因此,本仪器整个对静态浓度的测量误差(相对误差)定在土 20% 之内是比较适宜和能予以保证的。由于气体浓度标定的复杂性和实际测量对象变化幅度一般很大,对现场性测量装置来说,这一误差应当是可以接受的。

参考文献

- 1 Intel Co. *Microcontroller Handbook*. 1986; Intel Co. *Embedded Controller Handbook*. 1988
- 2 顾文照,易登录,梁敏等.气敏法动态浓度测量中的智能预测技术研究.中国药科大学学报(在印刷中)
- 3 中国预防科学研究院编.劳动卫生国家标准.1992: GB11719-89
- 4 毛静英.气体传感器静态测试和标定中的误差及其控制.第二届传感器学术讨论会论文集.武汉:1988;696-701

8-Path Intelligent Measuring and Controlling Instrument of Gases

Gu Wenzhao, Zhong Ning, Shao Peiyan¹, Wang Tao¹

Department of Medical Electrics and Automatic Instrumentation; ¹Jiangsu Radio Factory, Nanjing 210018

Using single-chip microcomputer and computative technique on gas-sensing measurement, the intelligent measurement and control of gas with many-path and much-ability is realized. In the light of the structure of many-path and the feature of gas sensors, a great number of softwares are so designed, that the drift of temperature and time is decreased, and that adaptation of one instrument to many kinds of gases and replace ability of sensors are obtained. Through the study of forecast technique, the hysteresis phenomenon in response and restoration disappears. At the same time, the instrument has many other functions, including the store of concentration data, the memory of accident data, group control and measurement of response and restoring characteristics of sensors, etc..

Key words Path; Intelligent; Measuring and controlling instrument; Single-chip microcomputer; Gas-sensing measurement; Gas sensor; Sample by make rounds

【文摘 012】沙参类脂溶性成分的薄层分析. 屠鹏飞, 徐国钧, 徐珞珊等. 中草药, 1993; 24(3): 128

应用双波长薄层扫描法, 对 27 种沙参属植物的根脂溶性成分进行了定性、定量分析, 为沙参类中药的品质评价提供了依据。

【文摘 013】银黄制剂的薄层分析. 倪坤仪, 程光, 童彪. 中成药, 1993; 15(3): 11

用薄层色谱法对银黄口服液及注射液中 4 种有效成分进行定性鉴别, 并对绿原酸及黄芩甙进行了薄层扫描定量。薄板为硅胶 G-CMC 板, 醋酸丁酯-甲酸-水(7:3:3)为展开剂, 扫描参数 $\lambda_s = 340\text{nm}$, $\lambda_R = 220\text{nm}$, $\text{SX} = 3$, 灵敏度 $\times 2$ 。

【文摘 014】安徽植物分类近年研究概况. 叶文才, 赵守训, 刘晓龙等. 基层中药杂志, 1991; 5(1): 8

全面总结了近 10 年来在安徽省境内发现的 68 种新的植物分类群, 并从地理和生态角度阐述了本省境内植物品种丰富多样的内在因素, 对其中主要药用植物的开发利用提出了可能的途径。

【文摘 015】闪蒸气相色谱法在中药及其制剂中的应用. 剑桂新. 基层中药杂志, 1991; 5(2): 18

闪蒸气相色谱法为近年来用于分析挥发性成分的一项新技术。本文简要介绍了该法的基本知识, 并概述了它在中药和中成药分析中的应用。