

钻井及录井仪表

(下册)

蒋 君 编著

江汉石油学院

前 言

随着石油工业的发展,各种井场参数的自动测量、记录和处理日益重要。因此,钻井和综合录井仪表正在并将继续得到发展和普及。

编写本书的目的就是要系统地介绍各种钻井和录井仪表的基本原理以及一般使用、维护知识。由于这些仪表涉及的知识面较广、较深,为了方便读者,本书介绍了与这些仪表有关的必要的专业基础知识。这样,只要具有初步的电子学基础和力学基础的读者就可不必借助过多的参考书而顺利地读完本书。

上册介绍各种非电量转换方法以及各种井场参数传感器的基本工作原理,可供大、中专钻井专业等学生作教材和参考书,亦可供各种从事钻井作业或地质录井的技术人员、工人使用;中册介绍国内外(主要是国外)各种工程参数典型测量仪表的详细工作原理,对这些仪表的信号处理电路所涉及的模拟和数字集成电路基础知识亦专门作了分析、介绍;本册介绍国外综合录井仪中典型的气测参数测量仪表以及泥浆录井的基本原理及解释,在该册末尾简要介绍国外一些公司生产的钻井和录井仪表的基本性能。因此,全书不仅可供从事钻井和录井工作的各种人员使用,而且对于从事仪表的研制和生产的人员亦有一定的参考价值。

本书第一篇至第四篇由清华大学张训时副教授审定,第五篇由江汉石油学院李自俊副教授审定。

在本书编写过程中,得到原南海石油勘探指挥部、江汉油田钻井攻关队赖辛坚同志、渤海海洋石油公司地质服务公司、上海第四石油机械厂、辽河油田郭忠尧同志等单位和个人的大力支持和帮助,江汉石油学院的有关领导亦给予了积极的支持。易湘仁同志等参加了上册部分内容的校审。在此一并表示感谢。由于编者水平有限,错误和缺点在所难免,敬希读者及有关同志批评指正。

编 者

1985年元月

目 录

第廿二章 典型气体含量及成分分析仪表	(1)
§ 22.1 GD12型天然气检测仪	(2)
一、GD12的气路	(2)
二、GD12的功能	(2)
三、电路分析	(3)
四、CD12使用中的注意事项	(3)
五、GD12记录曲线 示例	(5)
§ 22.2 1400型天然气报警系统	(6)
一、概述	(6)
二、仪器电路分析	(7)
(一) 恒压源及恒流源电路	(7)
(二) 天然气浓度显示及记录放大电路	(7)
(三) 传感器故障检测及控制电路	(9)
(四) 报警条件判别及报警电路	(9)
(五) 报警延时电路	(13)
(六) 报警测试电路	(13)
三、1400型天然气报警系统的使用	(13)
§ 22.3 TDC中的GAL31型气相色谱仪	(14)
一、GAL31泥浆天然气成分分析系统	(15)
二、GAL31的内部气路	(15)
三、GAL31电路框图	(15)
四、GAL31的电路	(16)
五、GAL31面板操作装置	(17)
六、色谱峰记录曲线	(17)
§ 22.4 TDC中的DHS103型硫化氢检测报警仪	(17)
一、仪器的显示及控制元件	(18)
二、系统框图	(18)
三、电路分析	(20)
(一) 放大器	(20)
(二) 峰值通道选择电路	(20)

(三) 通道识别信号产生电路	(23)
(四) 反对数放大及浓度显示、记录电路	(23)
(五) 故障检测电路	(25)
(六) 高、低限报警电路	(28)
四、系统的调整、校准和故障检修	(30)
(一) 初次启动	(30)
(二) 报警调整	(30)
(三) 4~20mA模拟输出的调整和检查	(31)
(四) 系统校准	(31)
五、简单故障检修	(32)
§ 22.5 CADT中的IR-703型红外分析仪	(33)
一、IR-703红外分析仪的光路	(33)
二、电路分析	(34)
(一) 前置放大器	(34)
(二) 增益控制级	(37)
(三) 自动增益控制电路	(37)
(四) 同步电路	(37)
(五) 解调及输出放大器	(37)

第廿三章 TDC中的气相色谱仪(CHROMATO—LOGGER)

.....	(39)
§ 23.1 概述	(39)
一、仪器的基本组成	(39)
二、仪器的主要工作流程	(43)
三、仪构的结构	(43)
§ 23.2 仪器的气路	(43)
§ 23.3 信号的检测和放大电路	(47)
一、检测桥	(48)
二、前置放大器 A_1	(48)
三、滤波及增益调整级 A_2	(50)
四、自动调零控制电路	(51)
五、记录仪量程变换	(52)
六、记录仪输出放大器 A_6	(52)
七、放大器的增益分配	(52)
八、记录仪自动调零	(53)

九、对数放大器	(53)
十、对数输出放大器 A_4	(54)
§ 23.4 ADA变换器	(54)
一、ADA的定时控制电路	(56)
(一)仪器的组分峰值采样和模拟峰值存储的时间要求	(56)
(二)定时控制电路	(57)
二、ADA变换电路	(57)
(一) D/A 转换电路	(57)
(二) A/D 转换	(59)
(三) IC_2 和 IC_3	(60)
(四)小结	(60)
§ 23.5 模拟量存储和滤波器	(60)
§ 23.6 时钟及驱动电路	(62)
一、分、十秒、秒信号发生器	(64)
(一)振荡器	(64)
(二)分频器 IC_1	(64)
(三)秒计数器 IC_2	(64)
(四)十秒及分计数器 IC_3 、 IC_4	(64)
(五)控制电路	(64)
二、变换命令译码电路	(65)
三、变换存储命令译码电路	(65)
四、其它电路	(66)
(一)不同分析周期的变换命令译码控制	(66)
(二)记录仪调零命令	(66)
(三)放大器自动调零命令	(66)
(四)计算机控制信号	(66)
§ 23.7 其它电路	(66)
一、仪器测试表头电路	(66)
二、报警电路	(67)
(一)可燃气流量报警	(67)
(二)分离柱“偏心”报警信号	(68)
三、仪器的电源	(69)
§ 23.8 仪器的校准及调整	(70)
一、电路的调整	(70)
(一)记录仪输出放大器 A_5 的偏置调整	(70)
(二)放大器 A_2 的失调调整	(70)

(三) 自动调零功能测试.....	(70)
(四) 对数放大器的调整.....	(70)
(五) R_{27} 和 R_{28} 的调整.....	(70)
二、气体流量的调整.....	(71)

第五篇 泥浆录井的原理和解释

第廿四章 气测井原理及影响气显示的因素.....	(72)
--------------------------	------

§ 24.1 概述.....	(72)
一、术语.....	(72)
二、泥浆中天然气的来源.....	(73)
三、地层情况和气显示的关系.....	(75)
§ 24.2 影响气显示的井下因素.....	(80)
一、地层扰动因素.....	(80)
(一) 冲洗作用.....	(80)
(二) 地层流体的浸入.....	(82)
(三) 钻进方式.....	(86)
二、循环系统的影响.....	(87)
(一) 对地面采收率的影响.....	(87)
(二) 井筒污染.....	(90)
§ 24.3 影响气显示的地面因素.....	(92)
一、地面泥浆系统的影响.....	(92)
(一) 出口泥浆管线上的气散失.....	(92)
(二) 脱气器的影响.....	(92)
二、气测仪器的影响.....	(94)

第廿五章 油显示	(98)
----------------	------

§ 25.1 岩屑的采集和准备.....	(98)
§ 25.2 岩屑的鉴定和评价.....	(100)
一、天然荧光分析.....	(100)
二、抽提物荧光.....	(101)
三、泥浆和未清洗岩屑的含油分析.....	(101)
四、固态烃.....	(102)

第廿六章 气测解释.....	(103)
----------------	-------

§ 26.1 地层含气量的定量计算.....	(103)
------------------------	-------

一、地面含气量.....	(103)
二、地层含气量.....	(104)
§ 26.2 利用气体组分比确定油、气、水层.....	(108)
一、色谱气比值图.....	(109)
二、三角形气体图.....	(110)
§ 26.3 气测解释示例.....	(111)
附录一 西方一些公司的钻井及录井仪表简介.....	(117)
附录二 随钻测量技术发展概况.....	(124)

第廿二章 典型气体含量及成分分析仪表

本章介绍几种用于分析气体含量或成分的检测仪表。在综合录井仪中一般都配有天然气总含量（全烃）检测仪、气相色谱仪、 H_2S 含量检测仪。有些录井仪中还配有红外线气体分析仪、氧气分析仪等。上述气体含量及成分分析仪的基本工作原理在本书上册的一些章节已作了介绍。这里介绍几种七十年代的典型仪表，供读者参考。

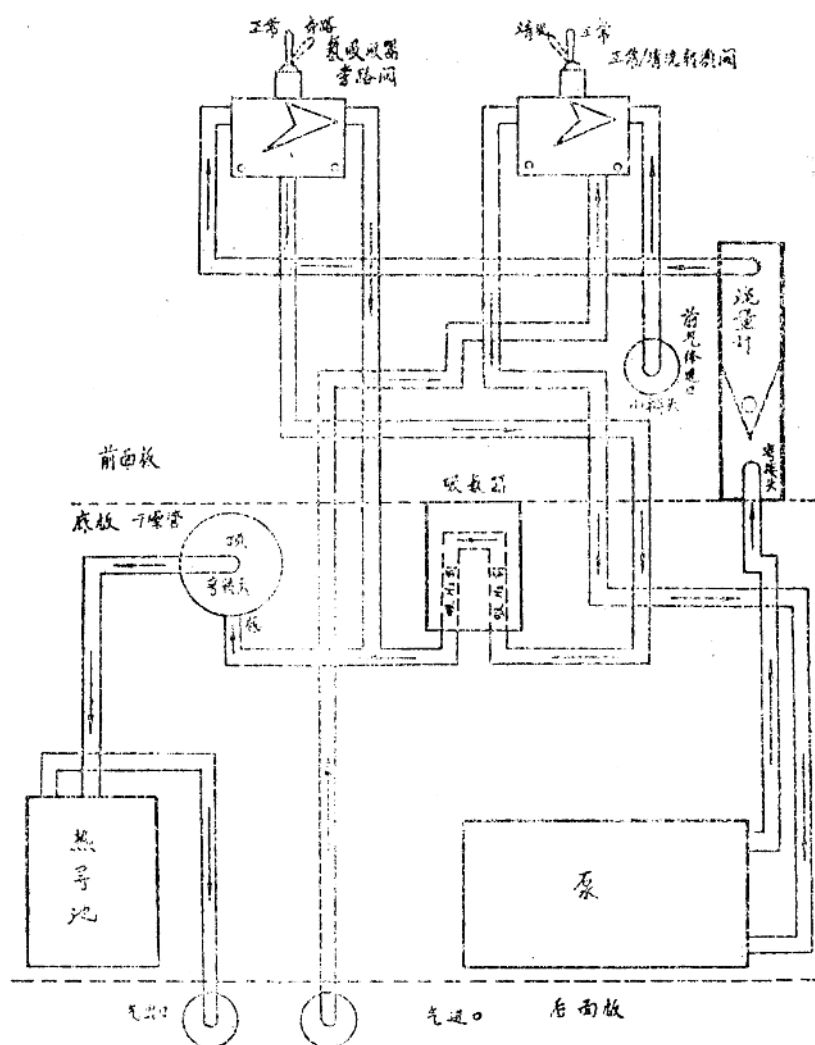


图22—1 GD12的气路

§ 22.1 GD 12型天然气检测仪 (GAS DETECTOR MODEL GD 12)

DC综合录井仪中包括一台GD12型天然气检测仪。该仪器通常和GZ11型连续泥浆除气器配套使用。它所采用的基本原理是用热导池测定甲烷和空气的热导率的差异(参见§ 5.1、三)。

一、GD12的气路

GD12的气路如图22—1所示。

当正常/清洗转换阀打到“正常”位置时,从仪器后面板“天然气进口”处引入的被测气体经正常/清洗转换阀由气泵泵出,经流量计后送到氢吸收器旁路阀。若该阀转换到“正常”位置时,被测气体被引导到吸氢器中。吸氢器内装有在80℃~90℃时和氢起催化反应的吸氢剂,天然气经过之后,将失去其中的氢气。该吸氢器的温度可由仪器面板上的温度计指示。如果氢吸收器旁路阀处于“旁路”位置,则被测可燃气体不经吸氢器而直接送往干燥管。干燥管内装满2/3的氯化钙等干燥剂,其余1/3装用于吸收其中的CO₂的钠石灰。经过干燥管后的气体已经失去了水蒸汽、二氧化碳和氢气(如果经过吸氢器),该气体送往热导池的测量池后流出。

如果正常/清洗转换阀处于“清洗”位置,那么,从前面板的进气口抽入的空气将清洗仪器的内部管路。此情况下,仪器的读数应当为零。因此,该阀置于“清洗”位置,可以提供记录仪的基线。

二、GD12的功能

前已指出,该仪器实际上是甲烷探测器,仪器是按甲烷刻度的。但是,实际被测气体除含甲烷外,还可能含:

1. 烃混合物

在这种情况下,该仪器可作为天然气总含量测定仪使用。不过,由于传感器对重烃的灵敏度比甲烷低,而记录仪给出的读数是各组分所产生的读数的代数和,因此,浓度读数比实际浓度要低。只有在甲烷占主要成分时,仪器的读数才具有足够的精度。

2. 甲烷(可能还有重烃)和氮气混合物

氮气可以来自所钻过的地层,但更一般的情况是由于钻井泥浆的空气还原现象引起。此时,泥浆吸收一部分氧气,而留下过量的氮气。

氮气产生的仪器读数为负值(即当没有烃类时,使记录笔负偏),因此,使仪表读数浓度小于实际浓度。

3. 氢气

由于使用了吸氢器和旁路阀,因而仪器可以用比较法测定氢气的含量。设当旁路阀处于“正常”位置时,仪器读数为除氢后的天然气当量甲烷浓度C₁;当旁路阀处于“旁路”位置时,仪器读数为包括氢气在内的当量甲烷浓度C₂。由于氢气和甲烷的导热系数不同。因而,实际氢气浓度为

$$C_H = \frac{C_1 - C_2}{5}$$

4. 二氧化碳

在被钻过的地层内可能有少量的二氧化碳, 泥浆分解也会产生二氧化碳。少量的二氧化碳可以被仪器中的吸收剂吸收掉, 一般不会造成太大的测量误差。

如果气体中含有大量二氧化碳, 则可以去掉仪器中的二氧化碳吸收剂, 而测量其中的二氧化碳含量。但应注意, 二氧化碳给出的仪器读数也是负值, 因此, 为测定其含量, 应首先将记录仪基线移到标尺右边(正值)一定值, 而记录笔在此基础上负偏的格数表示其含量。

三、电路分析

GD12的电路比较简单, 主要由一个装于热导池中的铂热电阻检测桥、一个量程选择开关和一级增益为40db的差动直流放大器组成, 如图22—2所示。

该仪器采用双臂测量桥, 其中 R_s 为测量臂, R_r 为参比臂, P_1 为调零电位器。调节电桥供电电源, 使通过电桥的总电流为150mA。

为了计算方便, 将式(5—22)改写为

$$R_s = R_e \left(1 + \frac{A}{\lambda_0} \right) \quad (22-1)$$

式中 R_s ——热电阻值;
 R_r ——在气室内壁温度下的热电阻值;
 A ——仪器常数, 为 $K R_e \alpha I^2 / (1 + \alpha t_e)$ 。

设参比气室中气体导热系数为 λ_r , 被测气体导热系数为 λ_s , 则

$$R_s = R_e \left(1 + \frac{A}{\lambda_s} \right) \quad (22-2)$$

$$R_r = R_e \left(1 + \frac{A}{\lambda_r} \right) \quad (22-3)$$

由于该电桥设计的对称性, 两桥臂通过的电流应相等, 且等于总电流 I 的一半, 因此电桥的输出电压为

$$\begin{aligned} u_{oe} &= I(R_s - R_r)/2 \\ &= \frac{IA}{2} \left(\frac{1}{\lambda_s} - \frac{1}{\lambda_r} \right) R_e \end{aligned} \quad (22-4)$$

据式(5—10), 有

$$\lambda_s = C_s(\lambda_1 - \lambda_0) + \lambda_0 \quad (22-5)$$

$$\lambda_r = C_r(\lambda_2 - \lambda_0) + \lambda_0 \quad (22-6)$$

式中 C_s ——被测气体中待测组分的浓度百分数;
 C_r ——参比室气体中含有的导热系数为 λ_2 的组分百分浓度;
 λ_1 、 λ_0 ——待测组分和空气的导热系数。

若参比室中装有纯空气, 则 $C_r = 0$, 故 $\lambda_r = \lambda_0$ 。这时, 将 λ_s 、 λ_r 代入式(22—4), 可得

$$u_{oe} = - \frac{IAR_e}{2} \cdot \frac{\lambda_1 - \lambda_0}{\lambda_0^2 + C_s(\lambda_1 - \lambda_0)\lambda_0} C_s \quad (22-7)$$

当 $(\lambda_1 - \lambda_0) \ll \lambda_0$, 从而 $C_x (\lambda_1 - \lambda_0) \lambda_0 \ll \lambda_0^2$ 时, 上式可简化为

$$u_{i,c} = -K_c C_x \quad (22-8)$$

式中 K_c ——仪器常数, 其值为 $IAR_c (\lambda_1 - \lambda_0) / 2\lambda_0^2$ 。

在上述推导中, 采用了多处近似, 因此上述公式是很不精确的。不过, 在工业应用中, 由于被测气体的组分不可能是固定的, 因而 λ_1 值本身也并非常数, 所以精确推导是没有什么意义的。

式 (22-8) 表明, 要增大仪器的灵敏度, 应当增加 R_c 、 I 和 A 值, 但它们也受到种种条件的制约, 不可随意增加。该式还表明, 被测组分的等效导热系数与空气导热系数差别越大, 仪器的灵敏度也越高。

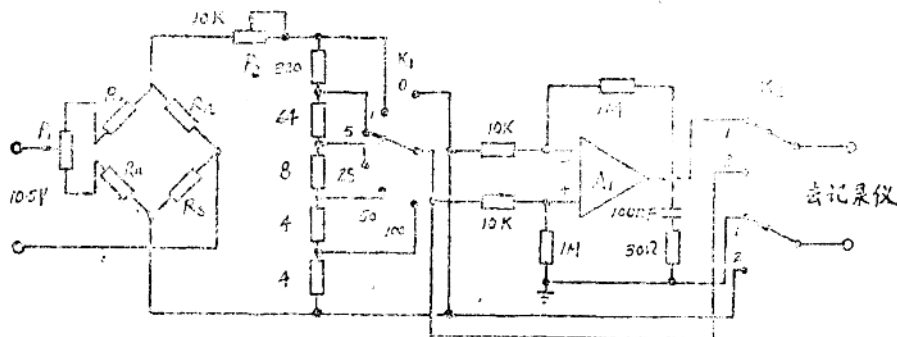


图 22-2 GD12 的测量电路

从图 22-2 可见, 电桥的输出信号经一个衰减器后, 通过量程选择开关可以输出 0~1mV 直流信号, 开关各位置上标的数值表示在该档时满量程的浓度百分数。 P_2 用以调节仪器灵敏度。由于开关 K_1 在 “1” 位置时, 1mV 表示浓度为 1%, 因此, 当浓度为 100% 时, 在该处应输出 100mV。该处到下端总电阻为 400 Ω , 因此, P_2 的调整原则应使得当被测气体浓度为 100% 时, 电桥输出电流为 0.25mA。

A_1 是差动放大器, 由于电阻严格匹配, 因而具有很好的共模抑制能力, 其放大倍数为 100。从而将衰减器输出的 0~1mV 信号转换为 0~100mV 信号。应当注意到, A_1 的输出信号和衰减器的输出信号具有相同的极性。

四、GD12 使用中的注意事项

1. 要经常检查桥路电流表和天然气流量计的读数。一般情况下不必调节, 但如果偏差太大, 则应予调节。

2. 干燥剂的饱和将会引起基线的漂移。当天气非常潮湿时, 每天可能要不正一次地更换干燥剂。调换时, 可用水冲洗掉管内的氯化钙。但在重新装入新的干燥剂前, 必须仔细地擦干干燥管。

如果在换上新的干燥剂后, 基线漂移仍然很大, 则应调整放大器 A_1 的调零电位器 (图中未画出) 并在正常/清洗开关置于 “清洗” 位置时, 调节电桥调零电位器 P_1 , 使基线回到零位。

该仪器利用配用的记录仪内部的报警功能实现报警。当被测天然气浓度超过给定值时, 记录仪报警触点接通蜂鸣器和外报警电路发出超限警报。

五、GD12记录曲线示例

图22—3是用GD12记录的曲线示例。各标记点对应的测试情况如下：

1. 气显示。
2. 清洗以检查零位。
3. 旁路 H_2 吸收器以检查 H_2 （此时仪器满量程为5%，实际浓度为读数除以20），
 $C, \% = (22.5 - 1.5) / 20 = 1.05$, $H_2, \% = 13 / (20 \times 5) = 0.13$ 。
4. 接单根。
5. 再次清洗。

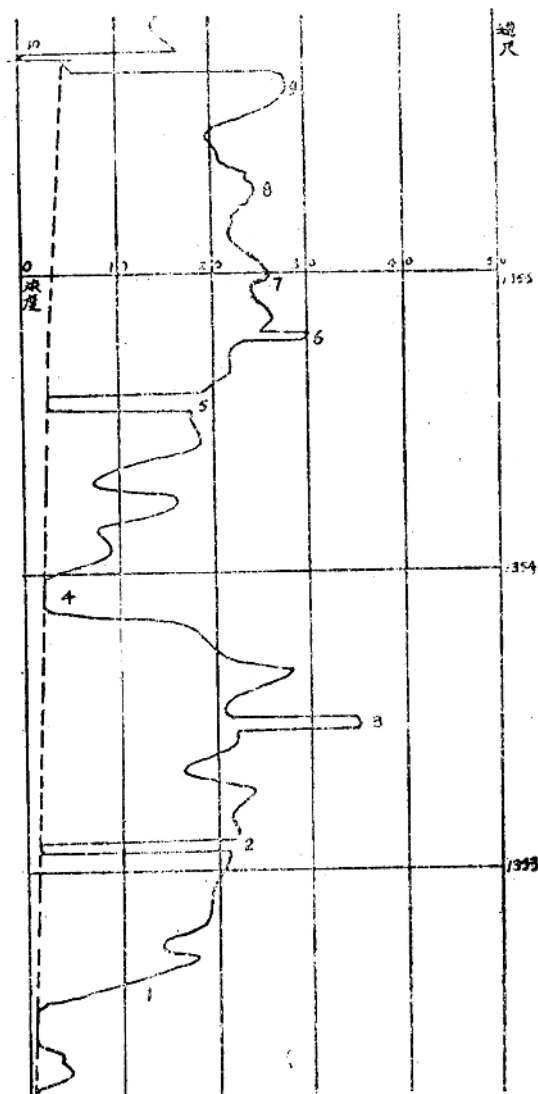


图22—3 GD12记录曲线示例

6. 再次测 H_2 : $C_s\% = 1.1$, $H_2\% = 0.06$ 。
 7. 增益太高, 曲线抖动。
 8. 增益太低, 曲线呈阶梯状。
 9. 再次清洗: 干燥剂饱和后, 基线漂移增大达五小格之多。
 10. 调换干燥剂, 调零, 然后仪器进入工作状态。
- 图中虚线代表实际的基线, 读取浓度值时, 应取曲线到该基线的差值计算。

§ 22.2 1400型天然气报警系统

(Model 1400 Gas Alarm System)

*J. & S. Sieger Limited*公司1973年生产的1400型天然气报警系统采用催化氧化式传感器检测天然气的浓度, 关于这种传感器的基本原理参见§ 11.3节。

一、概述

1400型天然气报警系统是以相对于低爆炸浓度 (*Lower Explosive Levels*, 以下简称 *L.E.L*) 的百分浓度刻度的。所配记录仪最大输入电流为 $20mA$, 因而该装置最大输出电流亦为 $20mA$, 且设有调整装置使电流可以偏调 $0 \sim 4mA$ 。

该仪器面板上的控制及指示器包括:

1. 一级和二级报警指示灯/按钮。
2. 排障 (*Pilot*) /故障/复位按钮。
3. 测试报警按钮—延时指示灯。
4. 测试报警电位器。
5. 调零控制。
6. 量程为 $0 \sim 100\% L.E.L$ 的天然气含量表。

仪器内部还设有若干预置电位器和开关, 包括:

1. 传感器电流给定电位器。
2. 一级报警给定和二级报警给定电位器 (可调报警范围为 $2 \sim 100\% L.E.L$)。
3. 表头放大器偏置电位器。
4. 表头校准电位器。
5. 记录仪偏置电位器。
6. 记录仪校准电位器。
7. 指示灯/继电器闪烁速度调节电位器。
8. 锁定/非锁定选择连线。
9. 闪烁/非闪烁继电器选择连线 (一级和二级)。

仪器使用的标准条件是:

1. 电源电压置于 " $240V$ "。
2. 报警继电器置于 "*Non Flashing Mode*" (非闪烁方式)。
3. 报警控制电路置于 "*Latching Mode*" (锁定方式)。
4. 报警电路闪烁速度置于大约每秒一次。

5. 传感器电流置为 $20mA$ 。
6. 记录仪偏置置为 $0mA$ 。
7. 记录仪输出置于 $20mA$ 。
8. 一级报警给定定为 $25\%L.E.L.$ 。
9. 二级报警给定定为 $50\%L.E.L.$ 。

该系统的框图如图22—4所示。

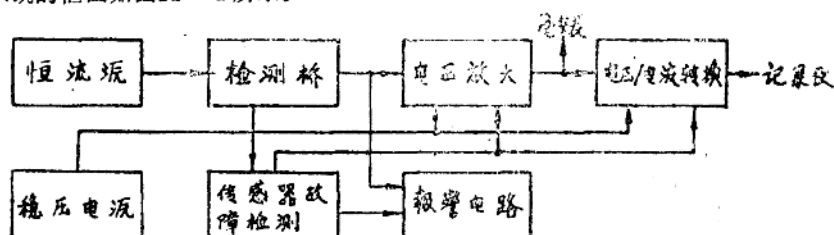


图22—4 1400型天然气报警系统框图

恒流源为传感器提供正常工作所必须的电流，恒压源为信号放大电路提供工作电源。传感器构成惠斯登电桥的两个臂，桥路输出电压是天然气浓度的函数。电压放大器及电压/电流转换器的电源地线受传感器故障检测电路的控制，在传感器断路等故障情况下，传感器故障检测电路可以自动切断它们的电源，同时使“非故障”指示灯熄灭，指示出传感器故障状态。在故障情况下，该电路还会使报警电路自动停止工作，以免发出天然气含量越限的错误警报信号。

传感器输出信号经电压放大器放大后推动表头，再经电压/电流转换器转换为供记录仪使用的 $0\sim 20mA$ 信号。此外，电桥的输出信号也送往报警电路与给定报警电平进行比较，以判别是否存在天然气浓度越限的情况，并发出相应的报警信号。

二、仪器电路分析

图22—5是1400型天然气报警系统总电路原理图。下面分别解释各部分电路的工作原理。

（一）恒压源及恒流源电路

图22—5中，集成稳压电源 IC_2 构成 $+18V$ 稳压电源，供放大及报警等电路使用。 IC_1 及其有关电路组成开关式稳流源，向传感器桥提供恒定的 $200mA$ 电流。

（二）天然气浓度显示及记录放大电路

天然气浓度显示及记录放大电路重画于图22—6中。

传感器的测量臂元件 R_s 和电阻 R_{25} 、 R_{26} （ P_9 ）、电位器 P_4 电阻网络并联，参比臂元件 R_1 和电阻 R_{27} 并联后组成测量桥的两个臂； R_{20} 、 R_{21} 和部分 P_3 的阻值串联后，组成测量桥的另两个臂。在零天然气情况下，调节电位器 P_3 ，可使电桥平衡，输出为零。当被测气体中含天然气时，打破电桥的平衡，输出电压的大小反映了天然气浓度的高低。电桥由恒流源供电。

电桥输出信号由 IC_4 进行差动放大。图中 $R_{70}=R_{71}=10K\Omega$ ， $R_{72}=R_{73}=47K\Omega$ 。由于阻值严格匹配，因而具有良好的抗共模干扰能力。放大倍数为4.7。

该放大器采用单极性电源供电，为了保证放大器工作在线性区域，必须使输出电压在零

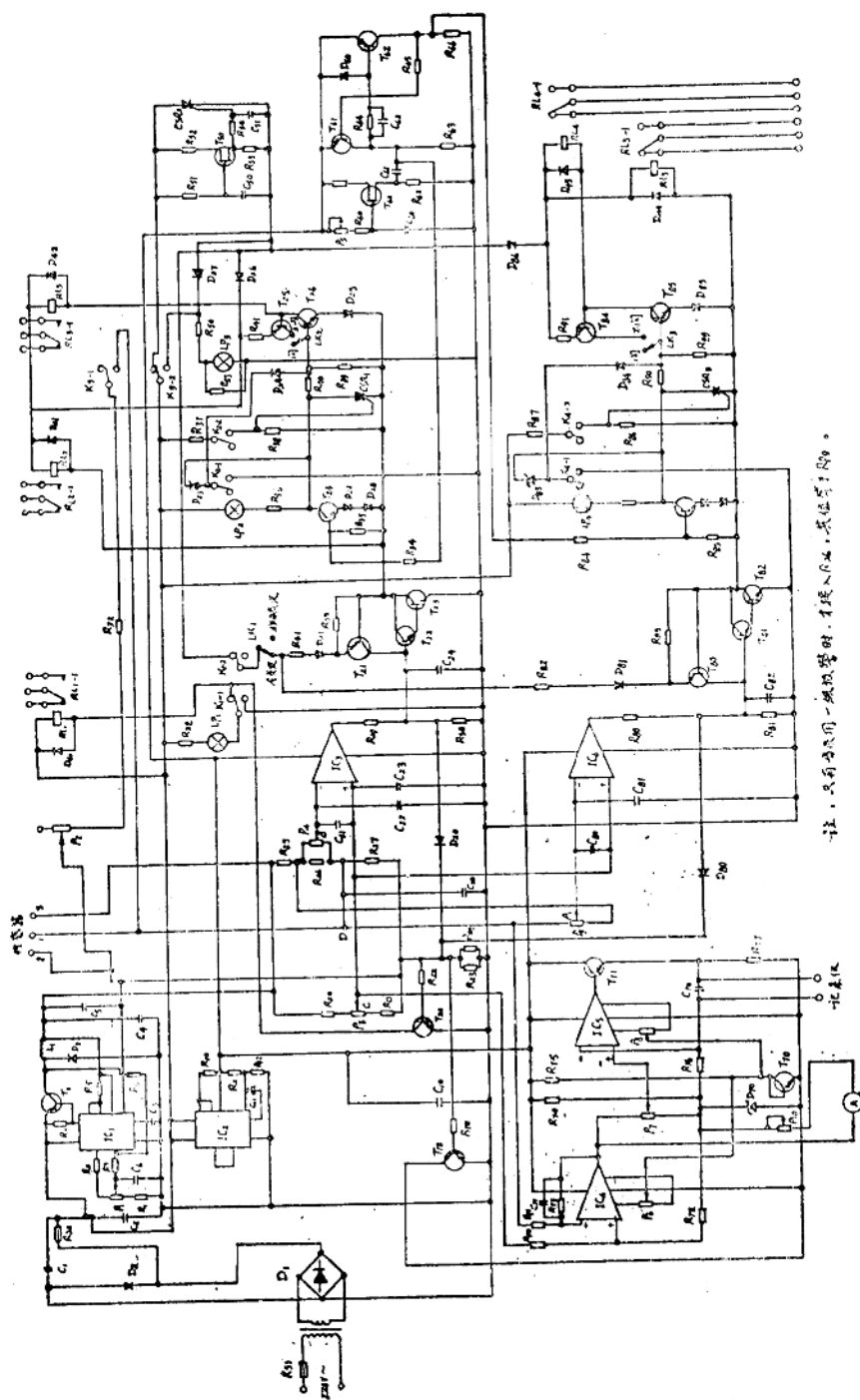


图22-5 1400型天然气报警系统电原理图

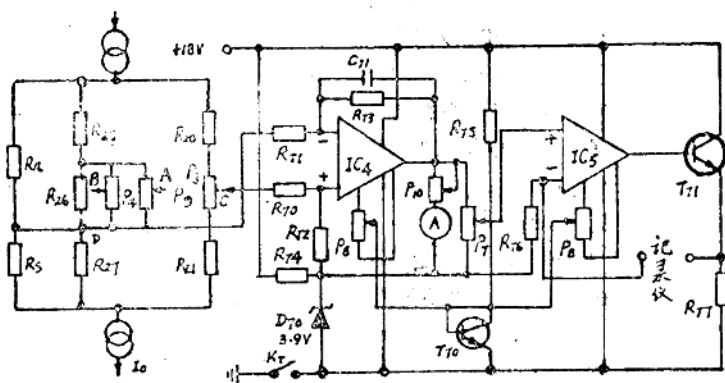


图22—6 天然气浓度显示和记录放大电路

伏以上（参见§ 13.4节）。 R_{74} 和稳压管 D_{70} 提供了3.9V的信号基准电压。这样，当表头指示为“0”时，放大器输出电压实际上为3.9V。电位器 P_1 用于表头放大器调零。电位器 P_2 用于调节表头满量程。

运算放大器 IC_5 为电压/电流转换器。不难看出，记录仪输入电流为 IC_5 的同相端电压（相对于信号基准）与电阻 R_7 之比。因此，输出电流与检测桥的输出电压成正比。 P_3 为记录仪偏置调节电位器，偏置范围为0~4mA。

T_{70} 接成二极管，其集电极电压约为0.6V，从而为 IC_4 、 IC_5 提供偏置电源。 K_T 为传感器故障开关晶体管。当传感器正常时，该开关接通 IC_4 、 IC_5 的地线，使它们正常工作，当出现传感器断路等故障时，该开关断开，切断 IC_4 和 IC_5 的地线，表头和记录仪输入均为零。

（三）传感器故障检测及控制电路

参见图22—5，流经检测桥的电流 I_0 也流经电阻 R_{23} // R_{24} （并联值为5Ω）。前已指出，在正常情况下， I_0 为200mA，因此该并联电阻上的压降约为1V，晶体管 T_{72} 导通，接通放大器 IC_4 和 IC_5 的地线。晶体管 T_{23} 也导通，使非故障继电器 RL_1 吸合。二极管 D_{20} 、 D_{80} 在非报警状态下（ IC_3 和 IC_5 输出为0）是截止的，在报警状态下（ IC_3 或 IC_5 输出+18V），其上有约0.4V的正向压降（因为复合管的基—射电压为1.4V左右）。因此，在正常情况下，二极管 D_{20} 、 D_{80} 不影响报警电路的正常工作。

当传感器断路时，由于和检测元件并联的电阻值远远大于5Ω，此时，恒流源无法正常工作。 R_{23} 上的压降近似为零， T_{72} 截止，切断放大器电源； T_{20} 截止，断开非故障继电器，通过转换触头可以发出必要的传感器故障指示信号。由于 T_{22} 、 T_{81} 的基极电位最大不会超过一个二极管的管压降，因而无论 IC_3 和 IC_5 输出电平如何，复合管 T_{22} 、 T_{23} 和 T_{81} 、 T_{82} 决不会导通。因此，在传感器故障情况下，决不会发出错误的天然气浓度超限报警信号。

（四）报警条件判别及报警电路

该仪器设有两级报警，电路类似。现以其中一个电路为例说明其工作原理。

如图22—5所示，一级报警信号取自电位器 P_4 （一级报警给定）的中心头B和检测桥调零电位器 P_3 的中心头C，以 u_{BC} 表示。

如前所述,当天然气浓度为零时,调节 P_3 ,使 $u_{CD0}=0$,因而 $u_{BC0}=u_{BD0}-u_{CD0}>0$,即比较器 IC_3 反相输入电压高于同相输入电压, IC_3 输出为零。当被测气体中天然气浓度升高时,测量臂电阻 R_4 将增加,而参比臂电阻 R_1 及电桥其它各电阻阻值不变,从而改变了桥路的电流分配,流过电位器 P_3 所在支路的电流相对增加,而流过传感元件所在支路的电流相对减小,使C点电位升高,D点电位减少,即 $\Delta u_{CD}>0$ 。当然,由于测量臂电阻增大和流过该臂电流的相对减少的共同影响, u_{BD} 也会有一个增量 Δu_{BD} ,此时,

$$u_{BC}=u_{BD0}+\Delta u_{BD}-\Delta u_{CD} \quad (22-9)$$

当 u_{BC} 减少到零时,比较器 IC_3 将开始输出高电平。

图22-7是考虑报警信号时的检测桥等效电路。其中, R_1 为 R_{20} 和 P_3 上半部的串联电阻, R_2 是 R_{21} 和 P_3 下半部的串联电阻, R_4 为 R_{27} 和参比臂电阻 R_1 的并联值,而 $R_3=(R_{25}+R_{26})//R_{24}$ 。由于 R_4 随被测气体中天然气浓度增加而增加,而与 R_1 并联的电阻值比 R_1 大得多,因此 R_4 将随被测气体中天然气浓度增大而明显增加,而其它电阻则不随天然气浓度变化。

据图22-7,有

$$I_1 = \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_0 \quad (22-10)$$

$$I_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_0 \quad (22-11)$$

由于 $R_3 \ll (R_1 + R_2 + R_4)$,因此, R_3 的微小变化对上式中分母值的影响甚微,令

$$R_x = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (22-12)$$

这样,式(22-10)、(22-11)可以分别简化为

$$I_1 = \frac{R_3 + R_4}{R_x} I_0 \quad (22-13)$$

$$I_2 = I_0 - I_1 \quad (22-14)$$

当被测天然气浓度为零时,应有

$$I_{10} R_2 = I_{20} R_4 \quad (22-15)$$

$$\text{即 } I_{10} R_2 = (I_0 - I_{10}) R_4 \quad (22-16)$$

$$I_{10} = \frac{I_0 R_4}{R_2 + R_4} \quad (22-17)$$

此时,报警信号

$$\begin{aligned} u_{BC0} &= I_{20} \alpha R_3 \\ &= \frac{\alpha R_{30} R_2 I_0}{R_2 + R_4} > 0 \end{aligned} \quad (22-18)$$

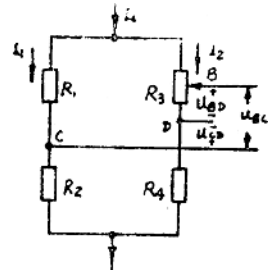


图22-7 考虑报警信号的等效桥路

式中 I_{10} 、 I_{20} ——当被测天然气浓度为零时,检测桥各支路电流;

u_{BC0} ——当被测天然气浓度为零时的报警信号电压;

α —— R_3 中心头对 u_{BC} 的分压系数;

R_{30} ——天然气浓度为零时的 R_3 阻值。