

大型仪器的维护与维修(120~123)

拉哥 LI- 6200 型光合作用分析系统中 流量计的维修

王智辉*

赵光荣**

兰晓继

(西北农业大学实验中心 陕西 杨陵 712100)

分类号 O 652. 7

1 前言

拉哥 LI- 6200 型光合作用分析系统是美国拉哥公司(LI- COR inc) 于 80 年代末推出的新一代高精度的便携式仪器。该仪器由系统控制器、LI- 6250 型二氧化碳分析仪、传感器室、蓄电池等组成。广泛应用于农学、生态学、园艺学、昆虫学领域^[1], 在我国有许多用户。但由于厂商没有提供维修资料, 给仪器的维修工作带来困难。本文就该系统的 LI- 6250 中较常出现故障的流量计部分依据实物绘出了电路图, 并对该部分电路的原理进行了简析。同时, 给出了仪器在正常运行时, 各主要测点的电参数以及常见故障的处理方法。

2 流量计的原理^[2]

在 LI- 6200 系统中, 传感器室与 LI- 6250 型二氧化碳分析仪之间有一个气体回路。通过一气泵使气体循环。气体的流量由针阀调节并用一流量计检测。气体流量计是一个被称为热式质量流量计(Thermal Mass Flow meter)的装置。其输出信号与流过气体的分子数成比例。流量计有一个被加热的薄壁毛细管。当气体流过毛细管时, 热被传导给气流, 沿着毛细管产生一不对称的温度分布。当输入一个恒定电压时, 温度的差值是质子流速与气体热量的函数。

由于毛细管能流过的气体有限, 因此, 在流量计中使用了一个旁路元件进行分流, 仅送一小部分气体去毛细管, 其余流过旁路元件。

3 电路原理分析

流量计电路如图 1 所示, 该电路由负电源电压产生电路、传感器及其恒温电路、恒压电路、信号放大处理电路等组成。

* 通讯联系人。

** 西北农业大学电脑公司。

收稿日期: 1997- 04- 14。

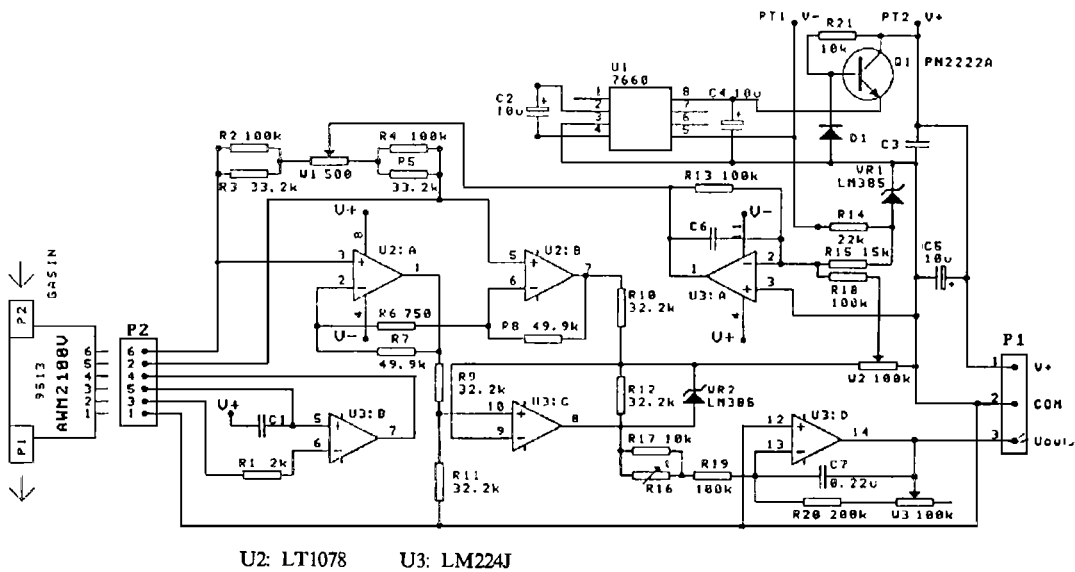


图 1 流量计电路图

Fig 1 Circuit diagram of Flowmeter

说明: 1. 图中电阻和电位器编号与电路板上不尽相同, 单位为 Ω

2. 电容器的单位为 μF ;

3. 传感器 AWM 2 1000V 内部结构不详, 仅绘出了示意图。

3.1 负电源电压产生电路

该电路由 U1 及其外围元件构成(参见图 1)。U1 是一单片 MAXCMOS 电压转换器^[3], 型号为 ICL7660。它可以为从 + 1.5V 到 + 10V 范围内的输入电压完成从正到负电压转换, 提供 - 1.5V 到 - 10V 电压输出。只需辅以二个外接电容器以满足充电泵和充电贮存功能的需要。在该电路中, + 15V 的电源电压经 Q1 降压为 + 5.8V 加在 U1 的 8 脚, 在其输出端产生约 - 5.6V 的电压提供给 U2、U3 及恒压电路。

3.2 传感器及其恒温电路

由于厂商没有提供气体传感器的内部结构, 我们依据前述原理分析认为, 该传感器是在一个薄壁毛细管两端安装有热敏元件, 将毛细管周围加热到一定温度并使其保持恒温的装置。运算放大器 U3: B 即承担着恒温这一任务。

3.3 恒压电路

由 VR1、U3: A 及其外围电路组成(参见图 1)。U1 产生的负电源电压经稳压基准二极管 VR1(型号为 LM385)变为恒定的 - 1.2V 电压, 再经 U3: A 反相放大大约 6.67 倍后成为 + 8V 左右的恒定电压供给传感器。

3.4 传感器信号放大处理电路

该部分电路由前置放大器 U2, 单端化电路 U3: C, 反相放大器 U3: D 这三部分组成。前置放大器电路原理如图 2 所示。这是一个 JFET 输入的高精密双运算放大器, 型号为 LT1078, 它与传感器及外围元件组成了一个并联式具有高输入阻抗的差分放大器^[4], 该电路的特点是差

模输入、差模输出、高输入阻抗、改变 R6 就可方便地改变其增益。其输出电压为:

$$U_{01} = (U_{i1} - U_{i2}) \left(1 + \frac{R_7 + R_8}{R_6} \right) \approx 134(U_{i1} - U_{i2})$$

当针阀旋到最大时, $(U_{i1} - U_{i2}) = + 10.86\text{mV}$, 则 $U_{01} \approx + 1.445\text{V}$ 。实测结果为 $+ 1.460\text{V}$ 。
前置放大器 U2 输出的差模电压 U_{01} 送入运算放大器 U3: C 中进行单端化处理, 变成单端电压输出。参见图 3。其输入输出的关系满足下式^[4]:

$$U_{02} = - \frac{R_{12}}{R_{10}} U_{01} = - U_{01}$$

经单端化处理后的信号电压再经过一级相放大器(图 1 中 U3: D) 放大后, 送至 LI- 6200 系统控制器。依据放大器的原理可知反相放大器 U3: D 输出电压 $U_{out} = - (R_{20} + W_3 / R_{16} / R_{17} + R_{19}) U_{02} = - 2.15 U_{02} = 2.15 U_{01}$ 。在反相放大器 U3: D 的输入端还没有温度补偿电路和保护电路, 这里不再赘述。

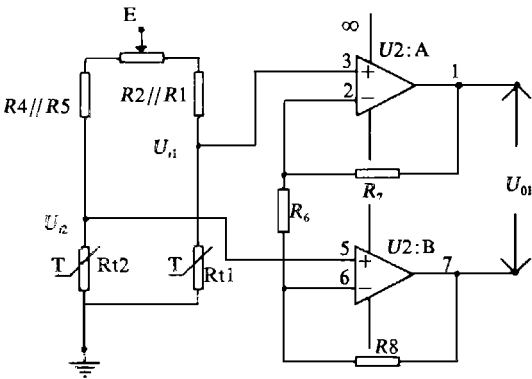


图 2 前置放大器电路原理图

Fig. 2 Schematic circuit of preamplifier

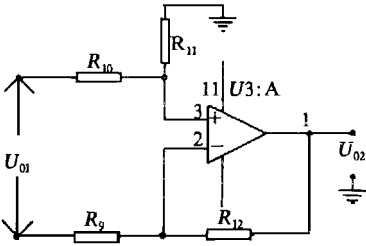


图 3 单端化电路

Fig. 3 Single-ended output amplifier

在仪器正常工作时, 我们对各主要测点的电压进行了测量。测量结果与上述分析完全相符。现将各主要测点的参数列于表 1 中, 供参考。

表 1 各点对地电压值

Table 1 Voltage of the test point to GND

		测			点				
		U 2		U 3		U 1	PT ₁	PT ₂	
		1	2	1	7	8	14	8	
气 泵 开	气泵关	2.305	2.305	8.18	- 4.60	0	0	5.88	- 5.67 15.32
	针阀在 M in	2.100	2.500	8.18	- 4.62	- 0.39	0.83	5.88	- 5.67 15.32
	针阀在 M ax	1.570	2.030	8.18	- 4.68	- 1.46	3.14	5.88	- 5.67 15.32

说明: 1. 测量用万用表为 VICTORDT 1000
2. 测量条件: 蓄电池电压 11.75V, 气温 8 ;
3. 部分测点电压值会随测量条件的改变而变化。

4 常见故障处理

在 LI- 6200 光合作用分析系统中, 气体的流量对测量结果起着重要的作用, 当流量计出现故障时, 一些主要参数将无法测量。

该分析系统有一个通过控制器面板上所设置的键来监测流量计的 mV 信号的功能。具体操作步骤请参阅“LI- 6200Primer”第 9~6 页中“Flow Readings”一节的内容。

如果出现 mV 读数不正常(例如不变), 可按下列步骤检查:

- (1) 气路管道连接是否正确, 各开关及旋钮是否设定在规定的位 置。
- (2) 系统控制器与 LI- 6200 分析器之间电缆的接线是否良好。
- (3) 从 LI- 6250 分析器来的其它通道是否正常。
- (4) 若上述检查无误, 此时脱开气路中从 LI- 6250 分析器去传感器室的接口, 将针阀调节到适中位置, 气泵开关置于 ON, 用手指堵住气流出口, 再突然松开, 观察流量计的 mV 读数有无突变。

(5) 若流量计的 mV 读数突变, 说明热式质量流量计的传感器及其检测电路工作正常。是气体旁路元件中流量计支路不通, 使气体无法流过流量计的薄壁毛细管所致。从流量计的原理我们知道, 由于受毛细管的限制, 在气路中有一个旁路元件, 只有一小部分气体流过流量计。在旁路元件与毛细管之间有一个约 60mm 长的细金属管。当气体流过该管子时, 气体中携带的干燥剂 $Mg(ClO_4)_2$ 的挥发物在此凝结使管道堵塞。小心拆下流量计, 取出金属管, 清理干净乳白色的凝结物, 重新装好, 故障就可排除。

(6) 若按第 4 步处理后流量计的 mV 读数仍不变, 说明热式质量流量计的传感器及其检测电路出现故障。此时, 可按本文提供的电路图以及各主要测点的电压逐级检查, 找出故障元件, 予以更换。一般 U2 出现故障的可能性较大。若 U2 坏, 购不到 LT1078, 可用 TL082 代换, 基本可满足测量要求。

参 考 文 献

[1] LI- COR inc., “LI- 6200 portable photosynthesis system”, LI- COR inc., 1989.
[2] LI- COR inc., “LI- 6200 technical reference”, LI- COR inc., 2~10.
[3] 周 仲. 国内外常用集成电路互换型号及应用手册. 北京: 电子工业出版社, 1996: 456.
[4] 冯建国. 分析仪器电子技术. 北京: 原子能出版社, 1989: 81.

Principle and Service of Flowmeter in the LI- COR LI- 6200 Portable Photosynthesis System

Wang Zhihui Zhao Guangrong LanXiaoji
(Central Laboratory of North western Agriculture University Yangling Shaanxi 712100)