

目 录

1	仪器介绍.....	- 1 -
1.1	简介	- 1 -
1.2	技术指标.....	- 2 -
1.3	主要功能.....	- 3 -
2	安全提示.....	- 4 -
3	滴定基础知识	- 5 -
3.1	滴定模式.....	- 5 -
3.2	终点判断.....	- 7 -
3.3	专业术语.....	- 8 -
4	仪器结构及安装.....	- 9 -
4.1	仪器结构.....	- 9 -
4.2	仪器安装.....	- 12 -
4.2.1	仪器主机	- 12 -
4.2.2	滴定装置安装	- 13 -
4.2.3	电极架的安装	- 14 -
4.2.4	连接输液管	- 15 -
4.3	电极	- 16 -
4.3.1	测量电极的安装.....	- 16 -
4.3.2	参比电极的安装.....	- 16 -
4.3.3	温度电极的安装.....	- 16 -
5	仪器功能介绍	- 17 -

5.1	开关机	- 17 -
5.2	按键说明	- 17 -
5.3	滴定	- 18 -
5.4	清洗	- 19 -
5.5	补液	- 20 -
5.6	搅拌	- 21 -
5.7	设置	- 22 -
5.7.1	设置系统设置	- 23 -
5.7.2	设置操作者编号	- 23 -
5.7.3	设置搅拌速度	- 24 -
5.7.4	设置滴定管	- 24 -
5.7.5	设置手动温度	- 25 -
5.7.6	校正零点电位	- 25 -
5.7.7	设置输出类型	- 26 -
6	滴定模式	- 27 -
6.1	重复上次滴定	- 27 -
6.2	预滴定	- 27 -
6.3	预设终点滴定	- 29 -
6.4	手动滴定	- 32 -
6.5	空白滴定	- 32 -
6.6	模式滴定	- 33 -
7	滴定	- 34 -
7.1	滴定前准备	- 34 -
7.2	滴定电极的选择	- 34 -
7.3	电极标定	- 34 -

7.3.1 pH 标定类型	35 -
7.3.2 pH 标定设置	35 -
7.4.3 pH 标定过程	37 -
7.4 滴定分析	38 -

8 数据管理	39 -
8.1 查阅滴定数据	39 -
8.2 查阅滴定结果	40 -
8.3 查阅标定数据	40 -
8.4 查阅滴定模式	41 -
8.5 查阅存贮数据	41 -
8.6 查阅存贮结果	41 -

9 PC 端通信软件	43 -
9.1 雷磁滴定软件	43 -
9.2 雷磁通用滴定管理软件	43 -

10 仪器维护与故障排除	44 -
10.1 仪器的维护	44 -
10.2 电极的使用和维护	44 -
10.3 常见故障排除	45 -

11 技术支持	46 -
11.1 技术咨询	46 -
11.2 操作指导	46 -
11.3 软件下载	46 -
11.4 售后服务	47 -

11.5 配件采购	- 47 -
-----------------	--------

11.6 联系方式	- 48 -
-----------------	--------

12 附录	- 49 -
-------------	--------

附录 1: 常用滴定剂配制和标定	- 49 -
------------------------	--------

附录 2: 电极选择	- 53 -
------------------	--------

附录 3: 串口打印机的选购	- 54 -
----------------------	--------

附录 4: 滴定管系数标定方法	- 55 -
-----------------------	--------

1 仪器介绍

1.1 简介

ZDJ-4B 型自动滴定仪主要用于电力、石油化工、环保、制药、饮料、食品、水务、日化产品、纺织品、教育等领域中酸碱滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定、络合滴定、非水滴定等的滴定分析。

仪器具有以下特点：

- 点阵式液晶显示，按键操作，电脑软件同时控制或分别控制；实时显示有关测试方法、滴定曲线、测量结果；
- 阀门滴定管一体化设计，方便更换；
- 支持预滴定（动态滴定）、预设终点滴定、模式滴定、空白滴定、手动滴定等多种滴定模式，支持生成专用滴定模式；
- 支持酸碱滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定、络合滴定、非水滴定等多种滴定方法；支持滴定方法的建立、编辑、拷贝和查阅；支持 pH 测量功能；
- 数据管理功能：支持存贮 200 套滴定结果和 1 套滴定曲线，符合 GLP 规范的测量信息，可追溯信息更完整；支持数据删除、查阅、打印或者输出；
- 支持中英文两种操作语言；支持断电保护功能；
- 支持 USB、RS232 连接 PC，随机赠送滴定专用软件；
- 支持固件升级；支持通过 PC 连接自动进样器。

1.2 技术指标

表 1-1 仪器技术指标

参 数			技 术 指 标
滴定装置	容量滴定单元	滴定分析重复性	0.2%
		滴定容量允许误差	10mL 滴定管：±0.025mL 20mL 滴定管：±0.035mL
		滴定管分辨率	1/14000
测量装置	电位滴定模块	测量范围	(-2000.0～2000.0)mV (0.00～14.00)pH
		分辨率	0.1mV； 0.01pH
		电子单元基本误差	pH： ±0.01pH± 最小显示值 mV： ±0.05%FS
		仪器基本误差	pH: ±0.01pH
		电子单元稳定性	±0.3mV/3h
	温度模块	测量范围	(-5.0～105.0)℃
		分辨率	0.1℃
		电子单元基本误差	±0.3℃
		仪器基本误差	±0.3℃(0～60℃) ±1.0℃（其它范围）
	使用环境		
仪器外形尺寸，重量			340mm×400mm×400mm， 约 8kg
供电电源			AC(220±22)V； 频率(50±1)Hz

1.3 主要功能

表 1-2 仪器主要功能

功能名称		说明
滴定单元	内置滴定管路	●
	可扩展外置滴定管路	/
	一体化滴定管	●
	10mL/20mL 可选	●（标配 10mL）
信号单元	电位滴定模块	●
屏幕显示		点阵式液晶显示
计算机软件控制		●
滴定模式	预（动态）滴定	●
	预设终点滴定	●
	恒滴定	●
	等量滴定	●
	手动滴定	●
	自定义滴定	●
滴定曲线		●
滴定方法		/
存储数据		200
数据接口	RS-232	●
	USB	●
自动进样器		●（通过 PC）
U 盘硬件升级		●

备注：●表示满足此项功能要求。

2 安全提示

使用前请仔细阅读本说明书的全部内容，请妥善保管本说明书。用户须按照本说明书使用仪器，对于因未遵循本手册使用设备或者因对设备进行改动而导致设备损坏的，上海仪电科学仪器股份有限公司不承担任何责任。

开始使用仪器前，请注意以下事项：

- 请勿自行拆开仪器进行检查或维修；
- 请勿将电缆和连接器放置在液体、潮湿或腐蚀性环境内，以防触电或损坏仪器；
- 请使用本公司配置的仪器电源适配器；
- 如果电源线已损坏（导线外露或断裂）请勿再使用，以防触电；
- 请勿在易燃易爆环境中使用，以免发生事故；
- 若发现仪器损坏或变形等异常情况，请勿使用。

以下标识将在本文中被使用。



【危险】

潜在的紧急的危险情形，如果不加以避免，可能会导致死亡或严重人身伤害。



【警告】

潜在的危險情形，需謹慎本操作，操作錯誤可能會導致人身傷害或儀器產生重大問題。



【提示】

需要特別強調的信息，可以幫助您更好地使用本儀器，獲得更為準確的測量結果。

3 滴定基础知识

滴定分析是指使用一种已知浓度的滴定剂与样品中特定成分进行完全的化学反应，根据反应关系得出样品中这种特定成分含量的分析方法。滴定剂连续添加到样品中，直到化学反应终止。为了指示滴定的终点，就需要用一种合适的手段来监测化学反应的进行。基于化学反应的计量学原理，可以根据滴定液的消耗量计算出样品中特定成分的含量。滴定过程中发生的化学反应必须是快速的、完全的、定量的和可观测的。

3.1 滴定模式

根据滴定过程和终点判断的差异可以将滴定分成以下 5 种模式：

■ 预（动态）滴定模式

预滴定模式，每次试剂添加量可变，每次添加体积量根据滴定曲线斜率变化而变化。主要用于未知样品的滴定，用户设定相关参数后，仪器将自动开始寻找滴定终点。

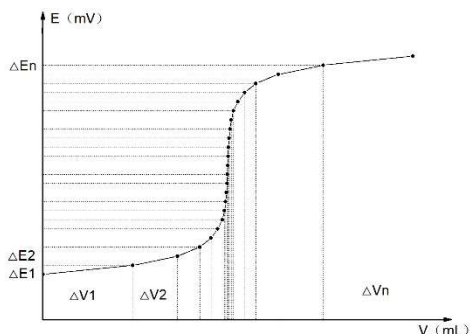


图 3-1 预滴定

■ 预设终点滴定模式

预设终点滴定模式，用于滴定到一个规定终点的快速常规测量。

用户设定终点数、终点值（终点 pH 或电位值）和预控值，仪器滴定到预先设定的终点值后，仪器自动停止滴定。

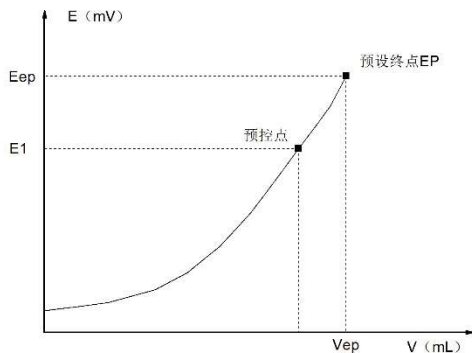


图 3-2 预设终点滴定

■ 空白滴定模式

空白滴定可以认为是一种等量滴定模式，每次按照设定的添加体积进行添加，用户设置相关参数后，仪器自动滴定并寻找滴定终点。

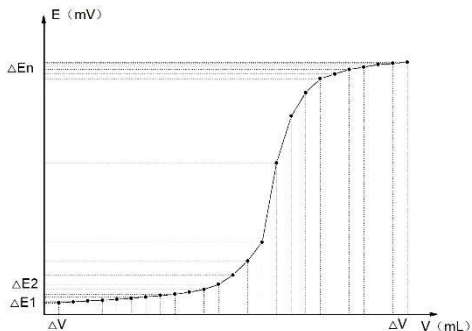


图 3-3 空白滴定

■ 手动滴定模式

滴定过程中，需要用户自己参与添加溶液、自己判断添加后电位

的稳定、下一次添加量的大小等工作。

3.2 终点判断

滴定终点分成 2 种，即滴定终点和滴定等当点：

■ 滴定终点

滴定终点类似于传统的手工滴定的终点，即滴定剂缓慢添加到样品溶液中，直到指示剂的颜色发生变化的终点。用电位（pH）滴定来指示就是滴定达到预先设定的电位值（pH 值）终止，如电位为 100mv 或者 pH=8.2 等。由于手工滴定中指示剂颜色的变化有一定的范围，所以设置的滴定终点电位或者 pH 值主要取决于历史操作经验。

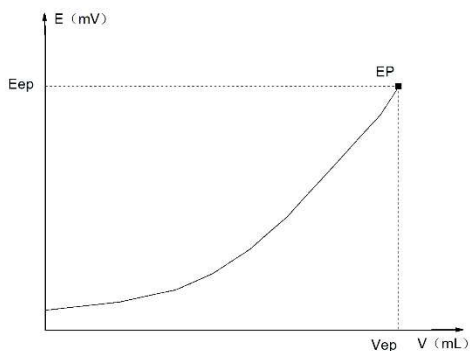


图 3-4 滴定终点

■ 等当点

等当点指的是样品与滴定剂恰好以等当量反应的化学计量点，在大多数情况下，是与滴定曲线的拐点相一致的。其拐点是通过对 pH 值/电位(mV)和滴定剂消耗量(mL)的一次微分来定义的。

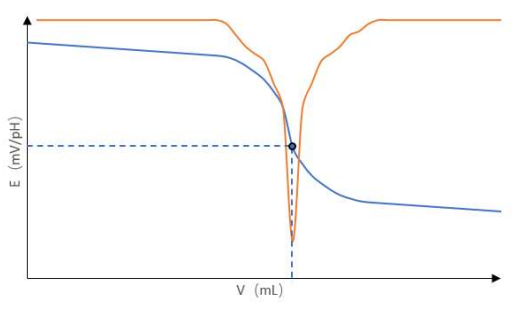


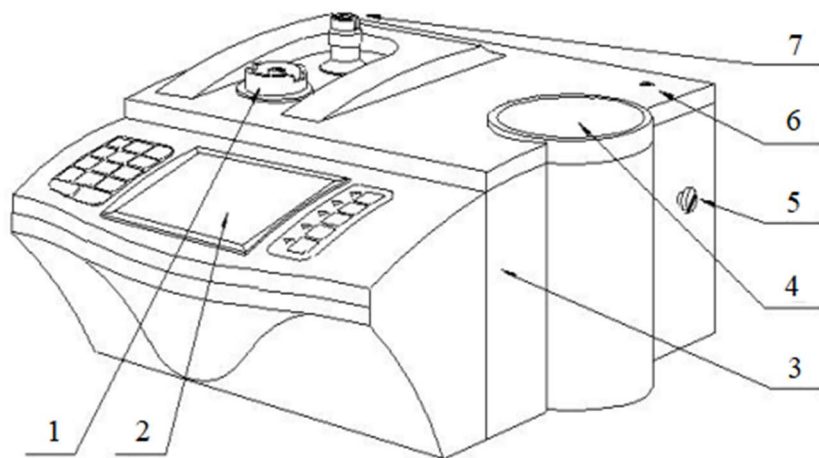
图 3-6 等当点

3.3 专业术语

- **滴定剂：**是指一种已知浓度，并能与样品发生化学反应的试剂，浓度常用 mol/L 作为单位，实际浓度需要采用一种合适的基准物质进行浓度标定；
- **基准物：**经过认证的高纯物质，用于标定滴定剂的准确浓度；
- **标定：**采用一种高纯物质(基准物)来检测滴定剂浓度的滴定过程；
- **化学计量：**试剂与样品间的摩尔/质量关系，化学反应的进行通常基于一个固定的数量关系；
- **被分析物：**样品中含有的特定的化学成分，这种成分可以在滴定分析中被测定。

4 仪器结构及安装

4.1 仪器结构



1 滴定管固定座

2 显示屏

3 主机

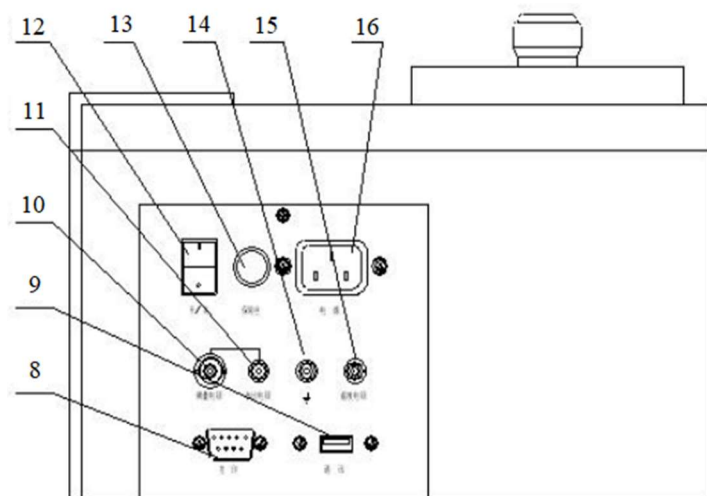
4 下搅拌器

5 电极架定位螺钉

6 电极架固定孔

7 阀门转向槽

图 4-1 仪器正面示意



8 RS-232 通讯口

13 保险丝座

9 USB 通讯口

14 接地接线柱

10 测量电极插座

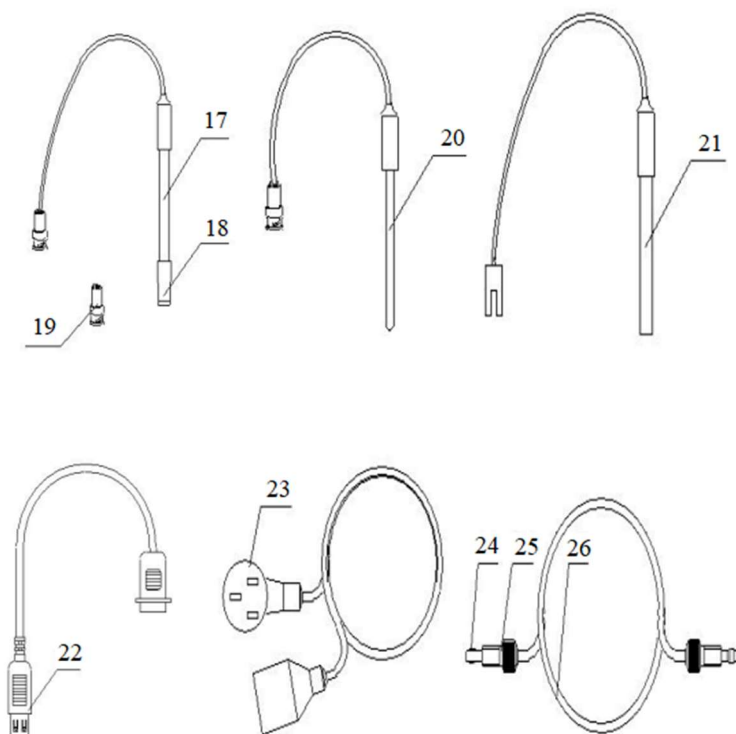
15 温度电极插座

11 参比电极接线柱

16 电源插座

12 开关

图 4-2 仪器背面示意图

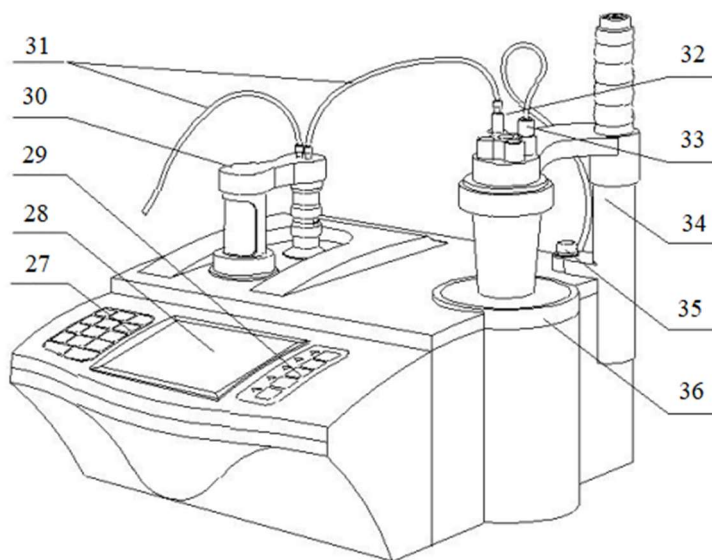


- | | | | |
|----|------------------|----|---------|
| 17 | 231-01 型 pH 玻璃电极 | 22 | USB 通讯线 |
| 18 | 电极保护套 | 23 | 通用电源线 |
| 19 | Q9 短路插头 | 24 | 夹管衬套 |
| 20 | T-818-B-6 型温度电极 | 25 | 夹管螺钉 |
| 21 | 217-01 型参比电极 | 26 | 输液管 |

图 4-3 仪器背面示意图

4.2 仪器安装

4.2.1 仪器主机



27 操作键盘

28 显示器

29 功能键

30 滴定管及阀

31 输液管

32 毛细管

33 电极

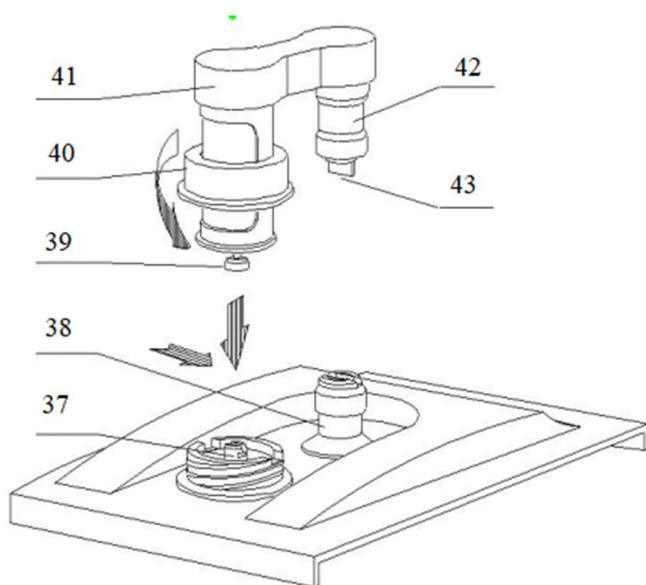
34 电极架

35 固定螺钉

36 下搅拌器

图 4-4 主机

4.2.2 滴定装置安装

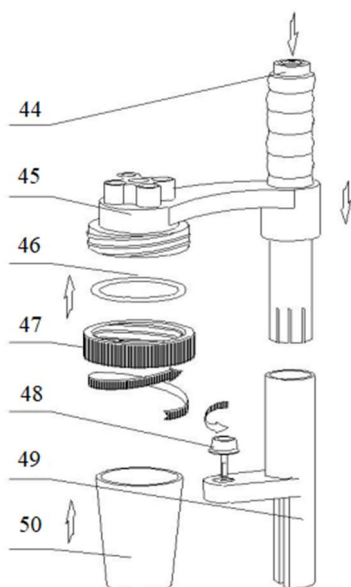


- | | |
|-------------|-------------|
| 37 顶杆 | 41 阀及滴定管连接板 |
| 38 阀门转杆 | 42 阀门阀体 |
| 39 活塞杆头 | 43 阀门专向凸轴 |
| 40 滴定装置紧固螺母 | |

图 4-5 滴定装置安装

将主机放在试验台上，安装滴定装置，安装时注意活塞杆头与主机上顶杆的倒 T 形槽相配合、由于本滴定装置与阀门是连为一体的因此还要兼顾阀门转向凸轴与主机上阀门转杆槽相扣，然后向下按在确认左右没有转动时旋紧滴定装置紧固螺母即可。

4.2.3 电极架的安装



- | | |
|-----------------|------------|
| 44 按钮（按下时可调节高度） | 48 电极架固定螺钉 |
| 45 电极架 | 49 电极架固定座 |
| 46 硅橡胶圈 | 50 溶液杯 |
| 47 溶液杯固定螺帽 | |

图 4-6 电极架安装

先把电极架固定座的底部内侧 T 形槽对准主机右侧面的电极架定位螺钉按下，然后拧紧固定螺钉固定好电极架，平常在检测时和更换被滴溶液时按下按钮可调节滴定杯的高度和左右角度。

4.2.4 连接输液管

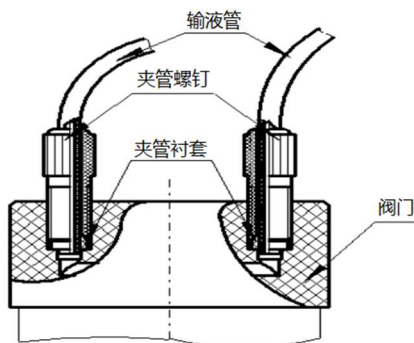


图 4-7 输液管连接

滴定装置上有 2 个螺纹孔，左边（面对主机）的一个为滴定管进液口；右面的一个为滴定管输出口。然后按图所示分别将输液管（只有单个夹管螺钉）与阀门上方左面螺纹孔连接另一头插入贮液瓶底部；再将输液管（一头夹管螺钉，一头滴定毛细管），一头连接阀门上方右面螺纹孔；另一头插入电极架的一个小孔中。

4.3 电极

仪器配有 6 支滴定电极；其中测量电极为 231-01 型 pH 玻璃电极、213-01 型铂电极、216-01 型银电极；参比电极为 232-01 型参比电极，217-01 型参比电极；温度电极为 T-818-B-6 型温度电极。

对于不同的滴定应用，在准备滴定前，需要根据滴定测试的原理，选择相适应的测量电极和参比电极，才能确定滴定的正常进行。若温度对滴定有影响时，需要在安装上温度电极提供温度补偿功能。

4.3.1 测量电极的安装

先将测量电极插入电极支架中，拧下测量电极插座上的 Q9 短路插头，再将测量电极 Q9 插头插入测量电极插座内。

4.3.2 参比电极的安装

将参比电极插入电极支架中，拧松参比电极接线柱，再将参比电极的 U 型插片插入接线柱底部，然后拧紧接线柱。

4.3.3 温度电极的安装

将 T-818-B-6 型温度电极插入电极支架中，再将电极插头与后面板的温度电极插座连接。

5 仪器功能介绍

5.1 开关机

打开仪器后面板的电源开关，仪器将显示仪器型号、名称以及软件版本等信息，完成自检后稍等，仪器自动进入起始状态，屏幕显示主界面。

在使用完毕后，可以按电源键关闭仪器。



图 5-1 主界面

5.2 按键说明

仪器共有 19 个按键，并且分布于屏幕左右两侧。

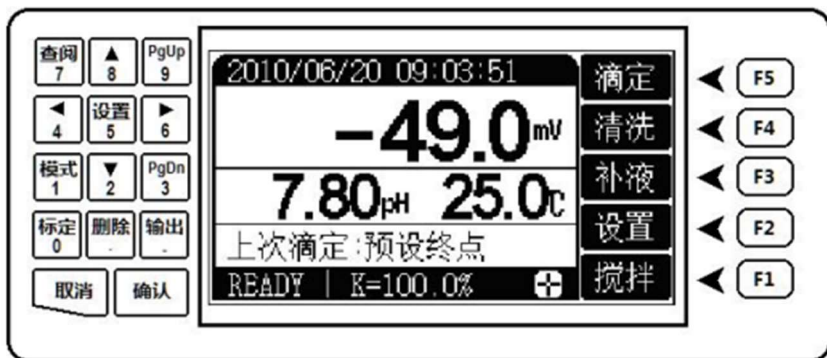


图 5-2 按键说明

表 5-1 按键功能说明表

序号	按键	说明
1	数字键	当用户需要输入数据、设置参数时，数字键有效
2	1/模式	测量模式选择
3	2/▼	向下移动
4	3/PgDn	向下翻页
5	4/◀	向左移动
6	5/设置	进入设置菜单
7	6/▶	向右移动
8	7/查阅	数据查阅
9	8/▲	向上移动
10	9/PgUp	向上翻页
11	0/标定	标定
12	./删除	数据删除
13	-/输出	数据输出
14	确认	确认
15	取消	取消
16	F1~F5	屏幕右侧边栏对应显示的功能

5.3 滴定

在主界面下，按“滴定”键进入滴定模式选择。用户可根据滴定要求选择相应的滴定模式进行滴定。详细设置见第六章滴定模式。



图 5-3 清洗设置界面

5.4 清洗

在仪器的主界面下，按“清洗”键进入清洗功能设置界面。清洗次数默认为 3 次，单次清洗可设置次数范围是 1-90 次。清洗速度分为高速和低速两种，在设置好清洗条件后，按“确认”键执行清洗。

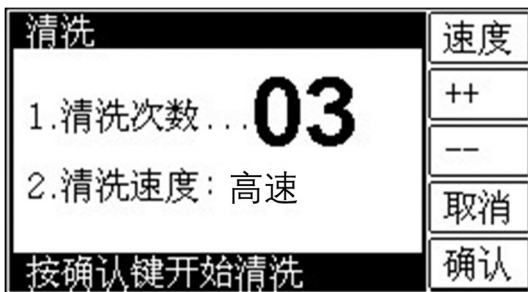


图 5-4 清洗设置界面

表 5-2 清洗设置界面功能说明表

序号	按键	说明
1	速度	切换低速/高速清洗
2	++	增加清洗次数
3	--	减少清洗次数
4	确认	确认
5	取消	取消

**【提示】**

一般情况清洗速度建议选择“高速”。如果溶液粘度较大，建议选择“低速”。

在仪器清洗过程中，用户随时可按“终止”键终止清洗。



图 5-4 清洗过程

以下情况发生时，需要进行清洗操作：

- 1) 更换滴定剂时，需要将进液输液管插入新滴定剂中，滴定输液管放入废液桶，再执行清洗，至少清洗 3 次。若滴定管和输液管有气泡，需要多清洗数次，将气泡排空；
- 2) 清洗滴定管时，需要将进液输液管插入清洗剂中（通常为纯水），滴定输液管放入废液桶，再执行清洗，至少清洗 3 次；
- 3) 若长时间不使用滴定仪时，需要将滴定管清洗后排空。在清洗滴定管后，将进液输液管从清洗剂中拿出，放置空气中，在进行清洗操作，将滴定管内的清洗剂替换成空气。

5.5 补液

当滴定管内溶液不满时，可以使用补液功能，将滴定管内溶液补满，即活塞位于滴定管最底部。每次执行完滴定后，仪器会自动执行补液操作。

用户可在仪器的起始状态下，按“补液”键进行手动补液。



图 5-5 补液确认

补液完毕，仪器自动返回起始状态。在仪器的补液过程中，用户可随时按“终止”键终止补液。



图 5-6 补液过程

5.6 搅拌

在仪器的主界面下，按“搅拌”键进入搅拌功能设置界面。仪器允许用户手动开关搅拌器和搅拌转速调节。在搅拌界面下，按“确认”键可以退出搅拌设置，若搅拌器未关闭，则继续进行搅拌。



图 5-7 搅拌器

表 5-3 设置搅拌速度界面功能说明表

序号	按键	说明
1	关	搅拌器开关
2	++	增加转速
3	--	降低转速
4	设置	输入搅拌速度（范围：1～45）
5	确认	确认

5.7 设置

在仪器的主界面下，按“设置”键进入参数设置界面，选择所需的设置项，按“确认”键，即可进入相应的参数设置模块。



图 5-8 设置

5.7.1 设置系统设置

仪器允许用户手动设置系统时间。

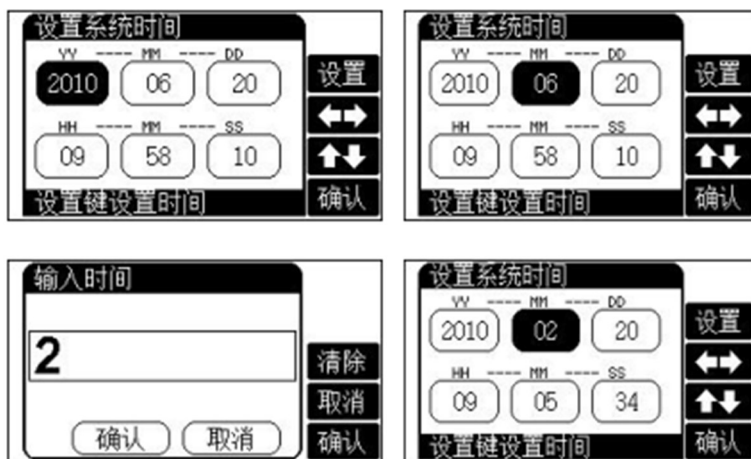


图 5-9 设置系统时间界面

表 5-4 设置系统时间界面功能说明表

序号	按键	说明
1	设置	输入日期时间值
2	←→	左右移动
3	↑↓	上下移动
4	确认	确认

5.7.2 设置操作者编号

仪器允许用户设置操作者编号，作为记录 GLP 规范的一部分。编号设置范围为 0~200，默认为 000。



图 5-10 设置操作者编号界面

5.7.3 设置搅拌速度

进入搅拌设置功能界面，同 5.6 搅拌。

5.7.4 设置滴定管

在滴定管设置界面，用户可对滴定管类型和滴定管系数进行设置。



图 5-11 设置操作者编号界面

表 5-5 设置滴定管界面功能说明表

序号	按键	说明
1	滴定管设置	切换 10mL/20mL 滴定管
2	滴定管系数设置	设置滴定管系数
3	确认	确认并返回主界面

**【提示】**

- 仪器提供 10mL/20mL 两种类型滴定管选项，用户需在滴定管设置界面选择对应的滴定管类型；
- 滴定管在出厂前均完成标定，滴定管上已标明其系数，用户直接输入即可。若滴定出现较大偏差，也可按照附录 4 进行校正。

5.7.5 设置手动温度

在手动温度界面，按“设置”键设置当前溶液实际温度值即可。若仪器接温度电极时会自动测量当前的温度值，否则使用手动设置的温度。



图 5-12 手动温度

5.7.6 校正零点电位

仪器连接 Q9 短路插头后，相应电位值应显示在 0.0mV 左右，但由于

仪器在不同的使用环境、温度下，高阻部分会有部分漂移，此属正常现象。如果需要校正零点电位，在设置中选择校正零点电位后并确认，仪器会自动校正零点电位，完成后回到主界面。



图 5-13 校正零点电位

5.7.7 设置输出类型

仪器支持打印机和 PC 输出，可以在输出类型设置界面进行切换。

6 滴定模式

6.1 重复上次滴定

重复上次滴定模式是为了方便用户使用而设置的。每当用户进行过预滴定、预设终点滴定或模式滴定后，用户可以直接选择“重复上次滴定”来快速启动相同滴定模式和参数的滴定。

6.2 预滴定

预滴定即动态滴定，是一种根据突跃大小自动选择终点的方法，适合大多数未知样品的测量。预滴定参数包括：滴定类型、最多 5 个终点的控制参数，包括终点突跃档次、终点突跃量大小、预加体积、结束体积、最小添加体积、滴定剂浓度、样品体积、搅拌速度、滴定速度等。修改完毕，按“确认”键，仪器即自动开始预滴定。



图 6-1 预滴定参数

■ 滴定类型

本仪器支持 mV 滴定和 pH 滴定等两种滴定类型。mV 滴定类型是以 mV 变化判断终点，pH 滴定类型是以 pH 变化判断终点。一旦设置为 pH 滴定将按照 pH 滴定进行控制，同时 pH 电极的标定功能、标定数据有效。

■ 终点参数

仪器最多支持 5 个滴定终点。通过终点参数可以切换各个终点参数进行设置。

■ 终点突跃

终点突跃类型是仪器最终判断终点的依据，为方便用户使用，仪器将终点突跃类型分大、中、小三种。通常，用户只需选择大、中、小即可，不必设置具体的突跃量大小。如果用户需要调整突跃量大小，可自行设置突跃量。

■ 突跃量

突跃量为终点突跃对应的突跃量，突跃类型大、中、小对应的突跃量分别为 500mV/mL、100mV/mL、50mV/mL。如需修改，可按“设置”进行修改，输入相应突跃量即可。

从滴定的情况来看，一般的滴定只需要将终点突跃设置为中突跃即可满足滴定要求，用户不必了解具体的终点突跃量的大小，也不必进行具体的设置。将突跃量设大，可避免噪声对寻找终点的影响，但可能找不到小突跃的终点；将突跃量设小，则可能由于噪声的影响，找到假终点。万一仪器不能满足用户所需的滴定要求，则可以重新设置对应终点突跃量的大小，从而满足用户滴定的要求。

■ 预加体积

对于已知滴定终点大概消耗体积量或者重复滴定同一样品的情况下，可以使用预加体积量加快滴定速度。例如，已知一样品滴定需要消耗 15mL 滴定剂，可以设置预加体积为 10mL，开始滴定后，仪器预加 10mL 滴定剂后再按过程参数进行滴定。

■ 结束体积

结束体积即每次滴定时允许添加滴定剂的最大体积量，是为了避免由于过量添加而发生溢出等异常情况，从而导致仪器损坏或造成不必要的损失。在滴定过程中，一旦添加量超过设定的最大添加体积量

时，仪器将暂停滴定，并提示用户是否真正结束滴定，用户按实际需要选择继续滴定或结束滴定即可。

■ 最小添加

最小添加为每次预滴定过程中的最小滴定量，滴定过程中每一次添加的体积不小于此参数设定的体积量，其设置范围为(0.001-5)mL。最小添加体积数值大，滴定速度快，整个滴定时间短，但可能会影响滴定精度；反之数值小时，其滴定速度慢，滴定时间长，但精度可能较高。仪器默认最小添加体积为 0.02mL。

■ 滴定剂浓度

设置当前使用滴定剂的试剂浓度，用于结果的计算。

■ 样品体积

设置当前样品的取样体积，用于结果的计算。

■ 搅拌速度

设置搅拌器的速度。用户可以按照实际需要设置此参数。滴定开始时，仪器会自动按此速度搅拌。

■ 滴定速度

滴定速度是仪器控制每次滴定体积的参数。对应不同的滴定，仪器允许设置相应的滴定速度，用以调整滴定时间，加快整个滴定过程，但可能直接影响滴定精度。仪器支持高速、中速和低速三种滴定速度，默认设置为低速。

■ 恢复默认设置

每种滴定模式，仪器都存有一套默认的参数，修改的滴定参数需要恢复到默认时，可以使用恢复默认功能。

6.3 预设终点滴定

预设终点滴定为已知终点的一种滴定方法，只有正确设置了滴定参数

才能确保结果的准确。每一终点有五个参数量，即终点电位（或终点 pH 值）、预控点电位（或预控点 pH 值）、预控开关、预控量大小、终点延时时间。用户按实际需要，设置相应的参数量。



图 6-2 预设终点滴定

■ 滴定类型

同预滴定参数。

■ 终点数

设定本次滴定的终点数，最多可以设置 5 个终点。

■ 终点参数

通过终点参数可以切换各个终点参数进行设置。

■ 终点

终点即滴定的终点值，当仪器滴定到用户设定的终点 mV 值（或 pH 值）时滴定即终止。此参数直接影响滴定的结果，用户必须正确设置。

■ 预控点

预控点是终点前的一个确定的 mV 值（或 pH 值），用于提示仪器即将到达终点，让仪器降低添加速度。此值的设定直接关系到最终结果的正确性和实际的滴定时间。如果将预控点设置得离终点过近，那么到了预控点时可能会因滴定速度较快而导致最后的结果不准确；

如果将预控点设置得离终点过远，自然会增加总的滴定时间。另外预控点必须设置在终点的前面，否则预控点自然会失去作用。预控点是指由快速滴定转到慢速滴定的转换点。

**【提示】**

预控点设置的原则是：对大突跃的反应，预控点要设置到离终点电位远一点的地方。（一般距离终点电位 100mV 以上），而对小突跃的反应，预控点可以设置到离终点近一点的地方，以加快滴定速度。

■ 预控开关

启用和关闭预控比例功能。

■ 预控量

将预控点和预设终点的电位差或者 pH 差值，按预控比例分成两部分，前一部分为预控点到预控比例点，其比例范围为 30%-90%。

■ 终点延迟

终点延迟时间是指仪器找到终点电位（或者 pH 值）后等待的一段时间，以最终确定终点。对于一般酸碱滴定、快反应的氧化还原反应，延时 10 秒即可；若用离子电极作为指示电极，则应将延时时间设置得适当大一些。

**【提示】**

设置终点延迟时间为 999s 时，即为恒滴定。

■ 滴定剂浓度

同预滴定参数。

■ 样品体积

同预滴定参数。

■ 搅拌速度

设置搅拌器的速度。用户可以按照实际需要设置此参数。滴定开始时，仪器会自动按此速度搅拌。

■ 恢复默认设置

每种滴定模式，仪器都存有一套默认的参数，修改的滴定参数需要恢复到默认时，可以使用恢复默认功能。

6.4 手动滴定

手动滴定是为了方便用户自己控制滴定过程的一种滴定方法，适合对滴定过程进行研究。手动滴定模式与预滴定模式基本相同，其差异在预滴定添加滴定剂是动态添加，只有最小添加体积，而手动滴定需要设定下一次添加的体积后进行添加。

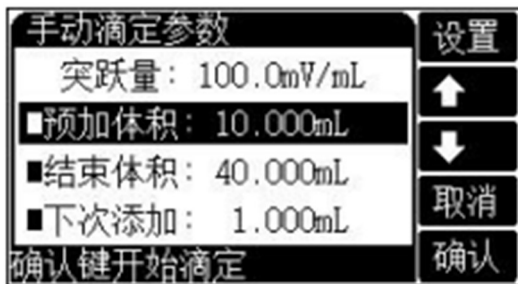


图 6-3 手动滴定

6.5 空白滴定

空白滴定模式适应于滴定剂消耗较少的滴定。空白滴定模式与预滴定模式基本相同，其差异在预滴定添加滴定剂是动态添加，只有最小添加体积，而空白滴定为等量添加，每次添加体积为设定值。



【提示】

通常情况下，等量滴定方法的添加量比较小，终点突跃档次设定为小。

6.6 模式滴定

模式滴定是将用户自己生成的专用滴定模式载入进来，并进行滴定。本仪器随机提供了两种滴定模式，包括 HCl 滴定 NaOH，以及 $K_2Cr_2O_7$ 滴定 Fe^{2+} 等两种模式。



图 6-4 模式滴定

用户可以按通过数字键盘的方向键来查看选择滴定模式，选择完毕，按“滴定”键即可开始滴定。按“参数”键，用户可以完整查看某个滴定模式的全部参数，包括模式的名称、模式生成操作者、模式生成时间、模式类型、终点数、相关终点参数、滴定剂浓度、样品体积、滴定搅拌速度等，用户可以重新修改。按“另存”键，并按照提示仪器允许用户复制选择的滴定模式。按“删除”键可删除当前滴定模式，系统方法不可删除。按“取消”键可回到主界面。

7 滴定

7.1 滴定前准备

在开始滴定前，需要了解滴定测试的反应原理，确定反应类型。

根据滴定剂和待测组分间反应类型的不同，分成四类：

- **酸碱滴定：**以质子传递反应为基础的滴定；
- **沉淀滴定：**以沉淀反应为基础的滴定；
- **氧化还原滴定：**以氧化还原反应为基础的滴定；
- **络合滴定：**以配位反应为基础的滴定。

确定好反应类型后，就可以选择相适应的滴定电极和滴定方法。

7.2 滴定电极的选择

一个完整的滴定过程，需要测量电极和参比电极。在开始滴定前，必须选择适合的测量电极和参比电极，以保证滴定能够正常进行。

- **酸碱滴定：**选择 231-01 型 pH 玻璃电极和 232-01 型参比电极；
- **沉淀滴定：**选择 216-01 型银电极和 217-01 型参比电极；
- **氧化还原滴定：**选择 213-01 型铂电极和 232-01 型参比电极；
- **络合滴定：**选择匹配的离子电极和 232-01 参比电极或者选择离子复合电极（具体电极型号可以参考附录 2 电极选择）。

选择完电极后，将电极按使用说明处理，插入电极支架中，并连接上仪器。取一份待分析物溶液，将电极插入其中，通过 mV 信号界面观察电极对溶液是否有响应，如果电极不响应，需要更换电极。

7.3 电极标定

pH 测量的电极斜率和零电位会随着时间发生细微的漂移。要进行精确的 pH 滴定时，建议先对 pH 电极进行标定，仪器最多支持两点标定。主界面按“标定/0”键进入标定界面。



图 7-1 电极标定

7.3.1 pH 标定类型

■ 一点标定

一点标定即采用一种 pH 标准缓冲溶液对电极进行标定，用于标定电极在该 pH 下的电位值，此时 pH 电极的百分斜率默认为 100%，并依此构建校准曲线。在测量精度要求不高的情况下，可采用此方法。

■ 两点标定

两点标定即采用两种 pH 标准缓冲溶液对电极进行标定，通过两点构建线性校准曲线。两点标定是最常用的一种标定方法，通常要求待测溶液的 pH 值位于两种标准缓冲溶液之间。两点标定可以提高 pH 的测量精度。

7.3.2 pH 标定设置

在标定界面，按“设置”进入设置。仪器支持设置标液组、设置标称值、校正零点电位、更换识别模式。



图 7-2 标定设置

■ 设置标液组

本仪器具有自动识别功能，能识别 6 种标准缓冲溶液，支持两种标液组，标液组 1：4.00pH、6.86pH、9.18pH；标液组 2：4.01pH、7.00pH、10.01pH。用户在标定过程中，按实际使用的标准缓冲溶液进行选择。



图 7-3 标液组设置



【注意】

选用不合适的标液组将导致标定结果的不准确。

■ 设置标称值

用于手动识别标液时，设定标准溶液的标称值。

■ 校正零点电位

同 5.7.6 校正零点电位。

■ 更换识别方式

切换手动识别和自动识别标液组。手动识别下需要设置标称值，自动识别模式下需要选择标液组。

7.4.3 pH 标定过程

开始标定前，用户根据标定需要，准备一种或两种 pH 缓冲溶液。



【提示】

标准缓冲溶液通常有两种办法得到，用户可自己配制或选购标准溶液。

- 用户自己配制：请参考附录配制 pH 标准缓冲液；
- 选购标准缓冲液：如果用户由于条件的限制，不方便自己配置标准溶液，用户也可以直接选购由厂商提供的标准缓冲液。

自动识别标定过程如下：

- 1) 将 pH 电极、参比电极及温度电极插入仪器的相应测量电极插座内，并将该电极用纯水清洗干净，放入 pH 标准缓冲溶液中；
- 2) 按“标定/0”键进入标定，选择自动识别标液；选择需要的标液组；
- 3) 等读数稳定，并显示标称 pH 值；按“确定”键即可标定；



图 7-4 存贮标定

4) 如果进行两点标定, 则将电极清洗干净后, 放入另一种标准缓冲液中, 同样待读数稳定后, 按“确定”键, 界面下方显示标定结果;

5) 仪器支持最多两点标定, 完成两点标定后, 仪器自动退出标定状态。否则用户按“结束”键可随时结束标定。

7.4 滴定分析

完成所有准备步骤后, 选择对应的滴定模式, 设置滴定参数后, 便可开始滴定。完成滴定后, 显示滴定结果, 并且可以存贮、查阅、打印数据。



图 7-5 滴定过程

8 数据管理

仪器支持查阅滴定数据。按“查阅/7”键，可以查阅滴定数据、滴定结果、标定数据、滴定模式、存贮数据和存贮结果。

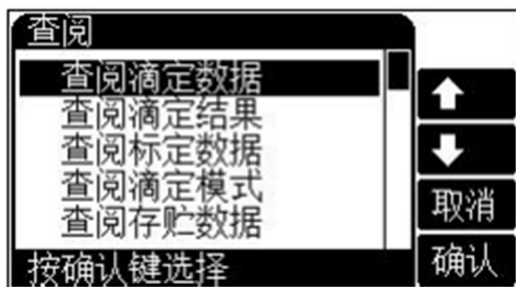


图 8-1 查阅数据

8.1 查阅滴定数据

滴定结束后，仪器通常自动转入查看滴定结果状态；在另一次滴定没有开始前，仪器支持查看上次滴定结果。在查阅滴定数据界面，用户可以查看滴定结果、打印滴定数据和存贮滴定数据；并且可以将此次滴定参数直接生成新的滴定模式，便于下次快速滴定。

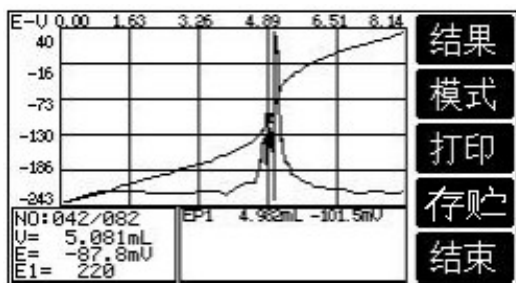


图 8-2 滴定数据

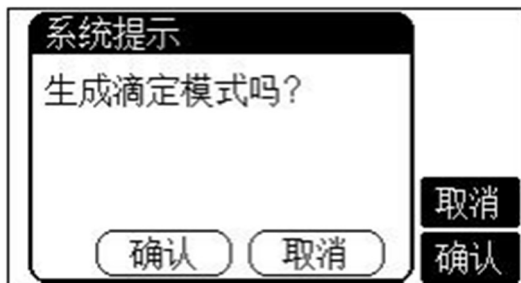


图 8-3 生成滴定模式

8.2 查阅滴定结果

仪器记录的滴定结果有滴定模式、滴定类型、开始时间、结束时间、操作者、搅拌速度、滴定管类型、滴定管系数、滴定剂浓度、样品体积、终点数、终点信息等。在查阅滴定结果下也可进行打印。

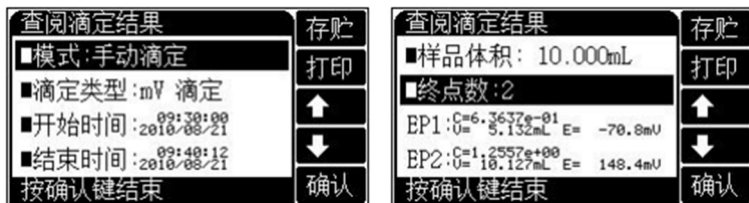


图 8-4 滴定结果

8.3 查阅标定数据

仪器允许查阅 pH 电极的标定结果。查阅标定数据界面，用户可以查阅当前标定时间、标定信息、标液组等。并且可以设置标液组、重新标定电极和打印当前标定数据。



图 8-5 标定数据

8.4 查阅滴定模式

同 6.6 模式滴定。用户可以通过查阅滴定模式中选择相应滴定模式，开始滴定。

8.5 查阅存贮数据

滴定结束后，用户可以将本次滴定曲线保存起来，用于分析查看。仪器仅支持存贮一套曲线，包括本次滴定的所有数据以及滴定结果值。

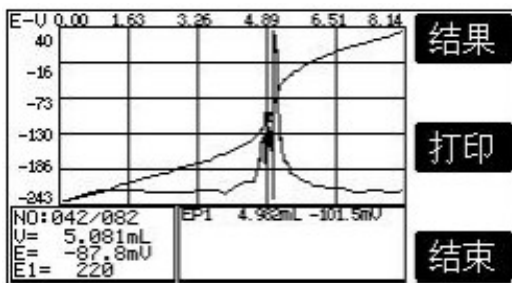


图 8-6 存贮数据

8.6 查阅存贮结果

仪器允许存贮 200 套符合 GLP 规范的滴定结果，并支持查看详细的

存贮数据，按“参数”键查看详细滴定结果。 仪器支持打印存贮结果。



图 8-7 存贮结果

9 PC 端通信软件

9.1 雷磁滴定软件

雷磁滴定软件为 ZDJ-4B 自动滴定仪的 PC 通讯软件，可用于滴定仪的控制和通讯。

用户可以在雷磁官网的技术支持—软件下载页面里找到雷磁全自动滴定软件，输入仪器配送软件卡上 14 位授权码后即可下载软件安装包。首先安装 USB 驱动程序 USBDRIVER；然后再安装雷磁滴定软件。通讯时可以使用随机赠送的 USB 通讯线连接 PC 和滴定仪的 USB 端口。

具体软件操作见雷磁滴定软件说明书。

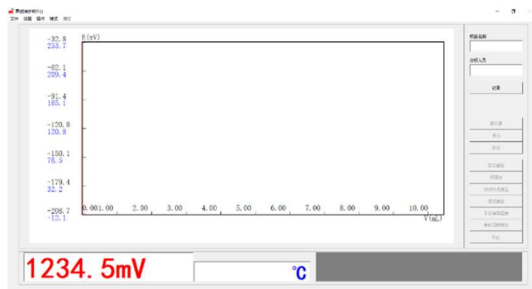


图 9-1 雷磁滴定软件

9.2 雷磁通用滴定管理软件

雷磁通用滴定管理软件为一款多级权限软件，符合 GMP 标准，供用户单独选购。详情使用说明见雷磁通用滴定管理软件说明书。

10 仪器维护与故障排除

10.1 仪器的维护

仪器的经常地正确使用与维护，可保证仪器正常、可靠地使用，特别是滴定仪这一类的仪器，它必须具有很高的输入阻抗，而使用环境需经常接触化学药品，所以更需合理维护。

- 仪器的插座必须保持清洁、干燥，切忌与酸、碱、盐溶液接触，防止受潮，以确保仪器绝缘和高输入阻抗性能。仪器不用时，将 Q9 短路插头插入测量电极的插座内，防止灰尘及水汽浸入。在环境湿度较高的场所使用时，应把电极插头用干净纱布擦干；
- 整个滴定管最好经常用蒸馏水清洗，特别是会产生沉淀或结晶的滴定剂(如 AgNO_3)，在使用完毕后应及时清洗，以免破坏阀门；
- 在用高氯酸冰乙酸作滴定剂时，应保持环境温度不低于 16°C ，否则会产生结晶，损坏阀门；
- 滴定仪长时间不使用时，用户必须用蒸馏水将滴定管清洗干净，避免滴定管损坏，给您带来不必要的损失。

10.2 电极的使用和维护

在使用电极前，应认真阅读电极说明书，了解所使用电极的类型、结构和适用范围。

更多详细信息，可参考电极使用说明书。

10.3 常见故障排除

表 11-1 常见故障排除

现象	故障原因	排除方法
开机没有显示	1. 没有电源 2. 保险丝坏	1. 检查电源 2. 更换同一型号保险丝
mV/pH 测量不正确	1. 电极性能不好 2. 另一电极接口短路不好 3. 电极通道设置错误	1. 更换好的电极 2. 更换 Q9 短路插头 3. 重新设置电极通道
打印机不打印	1. 打印机电源没接 2. 打印线没连接 3. 打印机设置错误 4. 打印机选择错误 5. 连接自动样品进样器后无法打印	1. 连接打印机电源 2. 连接好打印机连线 3. 设置打印机 4. 更换打印机 5. 自动样品进样器工作完成后, 再连接打印机, 打印滴定结果
动态滴定方法找不到终点	1. 终点突跃太小 2. 滴定剂或样品错误 3. 终点体积较小 4. 电极选择错误	1. 将突跃设置为“小” 2. 更换滴定剂或正确取样 3. 改用“等量滴定”模式 4. 正确选择电极
动态滴定方法找到假终点	动态滴定参数设置不合适	突跃设置为“大”
预设终点滴定预控点设置错误	预控点和预设终点设置错误	将预控点设置到预设终点之前
搅拌器不转	1. 搅拌设置错误 2. 溶液杯内没放搅拌珠	1. 加快搅拌速度 2. 放置搅拌珠
输液管有气泡	输液管接口漏液	安装好输液管
机械动作不正常	滴定管安装不正确	安装好滴定管
电极标定错误	1. pH 电极性能差 2. 缓冲液配制错误	1. 更换 pH 电极 2. 重新配

若上述各种情况排除后, 仪器仍不能正常工作, 请与我公司联系。

11 技术支持

11.1 技术咨询

仪器在使用过程中，若有技术问题或者相关建议请通过以下途径联系我们：

- 登录官网 www.lei-ci.com，进入技术支持界面；
- 登录官网 www.lei-ci.com，联系官方客服；
- 拨打客户服务热线：400-827-1953。

11.2 操作指导

仪器开箱后的安装使用，我们有详细的操作视频可供参考，可以通过以下途径观看：

- 关注雷磁微信公众号，手机端在线观看操作视频；



- 登录雷磁官网 www.lei-ci.com，高清视频下载观看；
- 拨打客服服务热线：400-827-1953。

11.3 软件下载

本产品有配套的电脑通信软件，可以通过下述流程进行下载：

- 登陆官网 www.lei-ci.com，进入技术支持—软件下载页面；
- 搜索仪器型号，选择对应软件点击下载；输入 14 位授权码即可完成下载（授权码见软件卡）。

11.4 售后服务

仪器使用过程中，若有问题请通过以下途径联系我们，我们将竭诚为您服务：

- 登录官网 www.lei-ci.com，联系官方客服，网上沟通解决问题；
- 拨打客户服务热线：400-827-1953，电话沟通解决问题；
- 微信扫码填写产品质量信息反馈表，我们会在收到反馈后安排工程师与您联系，解决问题；



- 需要维修的仪器您可以选择寄回我公司进行检测维修，也可与我公司维修网点联系，网点详情请拨打客户服务热线：400-827-1953。

11.5 配件采购

仪器所需配件见下表，详情见官网 www.lei-ci.com。

表 11-1 仪器配套配件

名称	产品描述
一体化滴定管	10mL、20mL 两种规格
溶液杯	80mL、150mL 两种规格
进口输液管	每套含有进液和输液 2 支管

表 11-2 仪器配套电极

名称	产品描述
231-01 型 pH 玻璃电极	用于 pH 滴定
232-01 型参比电极	甘汞参比电极
213-01 铂电极	用于氧化还原滴定
216-01 银电极	用于沉淀滴定
217-01 参比电极	双盐桥参比电极
T-818-B-6 型温度电极	用于滴定中温度测定, pH 标定

表 11-3 选配溶液（其他规格具体见官网）

试剂名称	产品配置
PH4.00、6.86、9.18 缓冲溶液（单 pH）	单瓶（250mL）
PH4.00、6.86、9.18 缓冲试剂（单 pH）	20mL×30 袋
PH4.00、6.86、9.18 缓冲试剂（套装）	粉剂（3 种×5 包×10, 150 包）
PH4.00、6.86、9.18 缓冲试剂（单 pH）	粉剂（10 包×10, 100 包）
电极补充溶液	100mL/250mL/粉剂

11.6 联系方式

地址：上海市嘉定区安亭镇园大路 5 号 2 幢 1 层

邮编：201805

咨询热线：400-827-1953

企业邮箱：rex_xs@lei-ci.com

传真：021-39506398

企业 QQ：4008271953

12 附录

附录 1：常用滴定剂配制和标定

1. 0.1mol/L 氢氧化钠标准滴定溶液

1.1 配制

称取 110g 氢氧化钠，溶于 100mL 无二氧化碳的水中，摇匀，注入聚乙烯容器中，密闭放置至溶液清亮。用塑料管量取上层清液 5.4mL，用无二氧化碳的水稀释至 1000mL，摇匀。

1.2 标定

称取于（105～110）℃烘箱中干燥至恒重的工作基准试剂邻苯二甲酸氢钾 0.2g，精确至 0.0001g。加 50mL 无二氧化碳的水溶解，用配制好的氢氧化钠溶液进行电位滴定，同时做空白试验。

测定方法	动态滴定
终点数	1
测量电极	231-01 pH 玻璃电极
参比电极	232-01 参比电极

$$C(\text{NaOH}) = \frac{m \times 1000}{(V_1 - V_2) \times M}$$

式中：m——邻苯二甲酸氢钾的质量，g；

V_1 ——氢氧化钠滴定终点体积，mL；

V_2 ——空白试验滴定终点体积，mL；

M——邻苯二甲酸氢钾的摩尔质量， $M=204.22\text{g/mol}$ 。

2. 0.1mol/L 盐酸标准滴定溶液

2.1 配制

量取 9mL 浓盐酸，注入 1000mL 水中，摇匀。

2.2 标定

称取 0.1g 于 (270~300) °C 灼烧至恒重的基准无水碳酸钠，称准至 0.0001g。溶于 50mL 水中，用配制好的盐酸溶液进行电位滴定，同时做空白试验。

测定方法	动态滴定
终点数	2
测量电极	231-01 pH 玻璃电极
参比电极	232-01 参比电极

$$C(HCl) = \frac{2 \times m \times 1000}{(V_1 - V_2) \times M}$$

式中：m——无水碳酸钠的质量，g；

V_1 ——盐酸滴定终点 2 体积，mL；

V_2 ——空白试验滴定终点体积，mL；

M——无水碳酸钠的摩尔质量，M=105.99g/mol。

3. 0.1mol/L 硝酸盐标准滴定溶液

3.1 配制

称取 17.5g 硝酸银，溶于 1000mL 水中，摇匀。溶液保存于棕色瓶中。

3.2 标定

称取 0.2g 于 (500~600) °C 灼烧至恒重的基准氯化钠，精确至 0.0001g。溶于 40mL 水中，加 10mL 淀粉溶液 (10g/L)，用配制好的硝酸银溶液进行电位滴定。

测定方法	动态滴定
终点数	1
测量电极	216-01 银电极
参比电极	217-01 双盐桥参比电极（外盐桥使用硝酸钾溶液）

$$C(\text{AgNO}_3) = \frac{m \times 1000}{V \times M}$$

式中：m——氯化钠的质量，g；

V——硝酸银滴定终点体积，mL；

M——氯化钠的摩尔质量，M=58.442g/mol。

4. 0.1mol/L 硫代硫酸钠标准滴定溶液

4.1 配制

称取 26g 硫代硫酸钠，加 0.2g 无水碳酸钠，溶于 1000mL 水中，缓缓煮沸 10min，冷却。放置两周后过滤。

4.2 标定

称取 0.05g 于 120℃干燥至恒重的基准重铬酸钾，精确至 0.0001g，置于碘量瓶中，溶于 40mL 水中，加 1g 碘化钾及 10mL 硫酸溶液（20%），摇匀，于暗处放置 10min，用配制好的硫代硫酸钠溶液进行电位滴定，同做空白滴定。

测定方法	动态滴定
终点数	1
测量电极	213-01 铂电极
参比电极	232-01 参比电极

$$C(\text{Na}_2\text{N}_2\text{O}_3) = \frac{6 \times m \times 1000}{(V_1 - V_2) \times M}$$

式中：m——重铬酸钾的质量，g；

V₁——硫代硫酸钠滴定终点体积，mL；

V₂——空白试验滴定终点体积，mL；

M——重铬酸钾的摩尔质量，M=294.19g/mol。

5. 0.05mol/L 乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液

5.1 配制

称取 20g 乙二胺四乙酸二钠，加 1000mL 水，加热溶解，冷却，摇匀。

5.2 标定

称取 0.04g 于 $(800 \pm 50)^\circ\text{C}$ 的高温炉中灼烧至恒重的基准氧化锌，用少量水湿润，加 1mL 盐酸溶液（20%）溶液，加入 40mL 水，用氨水溶液（10%）调节溶液 pH 至 7~8，加入 10mL 氨-氯化铵缓冲溶液（pH=10），用配制好的乙二胺四乙酸二钠溶液进行电位滴定，同做空白滴定。

测定方法	动态滴定
终点数	1
测量电极	PCa-1-01 钙离子电极
参比电极	232-01 参比电极

$$C(EDTA) = \frac{m \times 1000}{(V_1 - V_2) \times M}$$

式中：m——氧化锌的质量，g；

V_1 ——乙二胺四乙酸二钠滴定终点体积，mL；

V_2 ——空白试验滴定终点体积，mL；

M——氧化锌的摩尔质量， $M=81.39\text{g/mol}$ 。

附录 2：电极选择

表 1 电极选择

水相酸碱滴定	
单电极+参比电极	231-01 pH 电极 + 232-01 参比电极
复合电极	E-201F 复合 pH 电极
专用电极	982202 耐污染 pH 电极
	962122 氢氟酸滴定电极
非水相酸碱滴定	
单电极+参比电极	231-01 pH 电极 + 232-01 参比电极（乙醇氯化锂参比）
专用电极	982211 非水 pH 滴定电极
沉淀滴定	
单电极+参比电极	216-01 银电极 + 217-01 双盐桥参比电极
	981121 银滴定电极 + 217-01 双盐桥参比电极
氧化还原滴定	
单电极+参比电极	213-01 铂电极 + 232-01 参比电极
复合电极	501 氧化还原电极
专用电极	982241 铂环 ORP 滴定电极
络合滴定	
单电极+参比电极	离子选择单电极 + 232-01 参比电极
复合电极	离子选择复合电极

附录 3：串口打印机的选购

不管选择什么样的打印机，要连接仪器支持打印，有两点必须满足：

- 打印机支持标准 RS232 接口；
- 打印机设置为 9600,n,8,1，即 9600bps 的波特率，无奇偶校验，8 位数据位，1 个停止位。

通常，支持 RS232 标准的打印机有两大类，一类为热敏打印机，主要在快餐店、药店、零售百货店等使用的打印机，打印快速，但是不利于长时间保存，用手一掐就会模糊；另一类为普通针式打印机，需要安装色带，打印速度偏慢，声音响，但是由于墨水的使用，可以较长时间保存，对应比较重要的数据，可以选用这类打印机。

下面是用户可以参考选用的打印机，仅供参考：

- 热敏打印机 771000；
- 针式打印机 770800；
- 切纸针式打印机 770900。

附录 4：滴定管系数标定方法

滴定管在出厂前均完成标定，滴定管上已标明其系数，用户直接输入即可。若滴定出现较大偏差，可按下列步骤进行校正：

- 1) 在清洗状态下，先将滴定管清洗多次，使蒸馏水充满整个管路（不能有气泡）。按实际安装的滴定管类型，设置好相应的滴定管并将滴定管系数设置为 100.00%；
- 2) 取一只干净有盖的称量瓶，先用万分之一天平称空瓶重量，再将滴液管伸入称量瓶内；按“滴定”键选择手动滴定模式。如果是 10mL 滴定管，则将预加体积设置为“10mL”；如果是 20mL 滴定管，则将预加体积设置为“20mL”（并保证结束体积大于预加体积），设置完毕，按“确认”键开始滴定，仪器将一次把满滴定管蒸馏水推入称量瓶内，再用天平称量；
- 3) 按下式计算滴定管系数。

$$f = \frac{(g_2 - g_1) \times K_t}{V_0} \times 100\%$$

式中：

f ——滴定管系数；

g_1 ——空瓶重量；

g_2 ——加液后的称量瓶重量；

K_t ——当前温度下滴定管的影响系数，mL/g；

V_0 ——滴定管满度的体积。

- 4) 得到滴定管系数后，再将滴定管系数设置为实际值。

常用玻璃量器衡量法 K (t) 值表

水温 t/°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
15	1.00200	1.00201	1.00203	1.00204	1.00206	1.00207	1.00209	1.00210	1.00212	1.00213
16	1.00215	1.00216	1.00218	1.00219	1.00221	1.00222	1.00224	1.00225	1.00227	1.00229
17	1.00230	1.00232	1.00234	1.00235	1.00237	1.00239	1.00240	1.00242	1.00244	1.00246
18	1.00247	1.00249	1.00251	1.00253	1.00254	1.00256	1.00258	1.00260	1.00262	1.00264
19	1.00266	1.00267	1.00269	1.00271	1.00273	1.00275	1.00277	1.00279	1.00281	1.00283
20	1.00285	1.00286	1.00288	1.00290	1.00292	1.00294	1.00296	1.00298	1.00300	1.00303
21	1.00305	1.00307	1.00309	1.00311	1.00313	1.00315	1.00317	1.00319	1.00322	1.00324
22	1.00327	1.00329	1.00331	1.00333	1.00335	1.00337	1.00339	1.00341	1.00343	1.00346
23	1.00349	1.00351	1.00353	1.00355	1.00357	1.00359	1.00362	1.00364	1.00366	1.00369
24	1.00372	1.00374	1.00376	1.00378	1.00381	1.00383	1.00386	1.00388	1.00391	1.00394
25	1.00397	1.00399	1.00401	1.00403	1.00405	1.00408	1.00410	1.00413	1.00416	1.00419

产品说明书版本号：202402