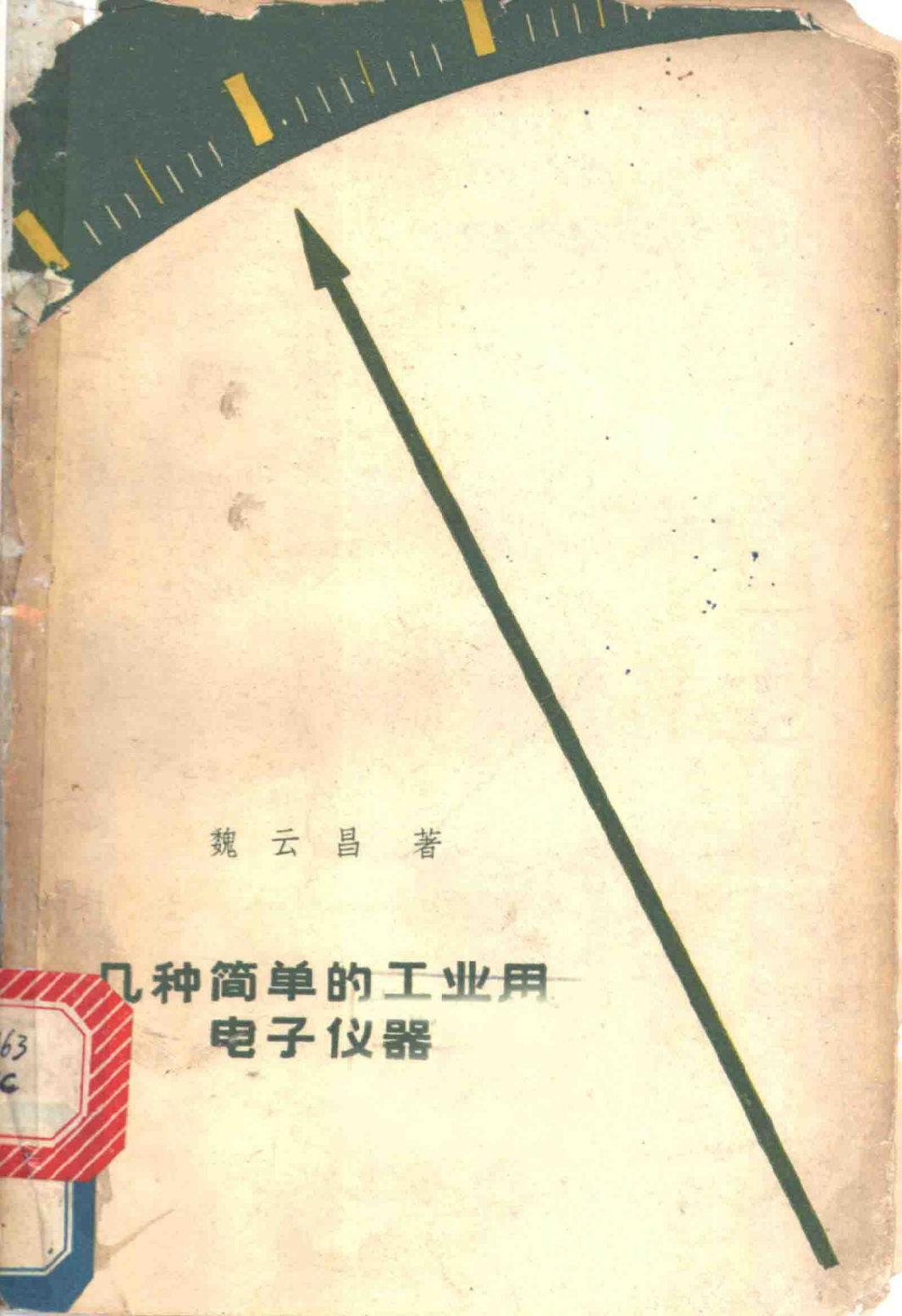




魏 云 昌 著

几种简单的工业用
电子仪器



內 容 提 要

本书介绍工厂常用的下列几种仪器的制造与使用:(1)电导分析仪,(2)电找中仪,(3)机器杂音检查器,(4)金属表面电火花强化器,(5)极谱分析仪,(6)高频电場水性改变器,(7)多点远距离电阻溫度計,(8)二氧化碳气体自动分析仪。

本书对于創制这些切合生产崗位上所需要的仪表,有一定的参考价值,可供研究人員与略具无綫电知識的青年技工閱讀。

几种简单的工业用电子仪器

魏 云 昌 著

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市印刷三厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 5 字数 119,000

1960年2月第1版 1963年7月第4次印刷

印数 11,001—12,800

統一书号: 15119·1410

定 价:(十二) 0.70 元

序

仪器是人类所掌握的工具之一。它能开拓人們的“視”、“触”、“嗅”、“听”和“味”觉的范围，所以工业技术愈发达，則使用仪器的种类和数量也愈多。采用仪器还可以帮助人們提高工作效率，所以仪表化的程度可以表示工业化的程度；而仪表化是自动化的先决条件。

工艺生产过程常是很复杂的，而且具体情况各有不同。如果能够結合实际的需要来制造与創造仪器，那对改进工艺生产技术能起很大的作用。如果单凭购置或进口，不但不能适合具体的需要，而且在这一方面的技术亦不能提高或自立。

魏云昌工程师在本书中介绍了他自己动手設計創造几种仪器的經驗和实际应用理論。除了可供讀者参考复制外，更重要的是給予讀者以能結合具体情况自行制造仪器的启发。例如在安装或檢修大型机器設備时，找机件中心綫是一项既細致而又費工夫的工作。他根据这种具体情况制出“电找中仪器”，以电振蕩訊号方式，代替肉眼观察千分卡尺与找中鋼絲的接触情况。这种仪器制出后，使找中工作的效率提高了許多倍；又如极譜分析法已成为近代仪器分析的一門主要学科，魏云昌工程师研究以簡易的零件，自己制出极譜仪。經過实际使用，証明效果是很好的。讀者可以仿照自制。魏工程师还設計出适合大批生产的半自动化的极譜仪，以供有关仪器制造工业的参考。这一系列的創造发明，希望能由国内工厂进行大量生产，以供应需要。

水經過高频电場处理后，性質改变了。魏工程师詳細地介绍了高频电場水性改变器的制造方法和应用，特別着重在消除或降低鍋炉的結垢。据天津大学物理化学教研室同志們的研究，发现高频处理过的水还有許多性質上的改变，如密度、溶解度、溶解热、

中和热……等,这些现象对于工业生产上的应用,将有很大的前途。

许多书籍谈到各种仪器时,大多数只是介绍仪器的原理和使用,所需的仪器必须买进。买不到或没有足够的经费时,就很难有办法。遇有特殊需要而没有适当的仪器可以采用时,那只有自己制造仪器,才可解决问题。本书可以启示研究人员如何自己制备所需的仪器。作者希望国内各研究所(室)研究人员掀起自制仪器的热潮,借以解决向科学大进军中所必需的装备问题。

侯 德 榜

1957年3月于北京

前 言

随着社会主义建设事业的飞跃发展，我国科学技术要达到世界科学技术先进水平，我们工程技术人员、科学研究人员的任务是很光荣而又艰巨的。因此，我认为除了在加强试验研究工作以外，还要作好技术交流和经验推广等工作，这样才可以由一点，推广到全面，也只有这样才能推动整体前进。

为了这个目的，作者把几年来研究的心得和经验通过这本书介绍出来，希望读者批评指正，共同提高技术水平。

我个人有一种感觉，就是许多书籍或仪器说明都强调它的原理和应用，很少有一本书介绍某种仪器的制造方法，尤其是切实可行的，更为少见。所以作者经常在看完某书以后，因没有这种仪器，就只能停留在脑海里，随着时间的过去也就逐渐冲淡了，当然更谈不上在生产上加以利用。

根据这一种体会，所以作者特把从前亲手制作过的几种生产上常用仪器的制造法写出来，作为抛砖引玉。一方面把我个人的经验向读者们介绍，另方面也希望读者把自己的宝贵经验介绍出来。这样才可以克服只谈理论和用法，而仪器却须向外购买的缺点。

我国的仪器制造业还较年轻，产品供不应求，所以读者能够自制仪器，还是必要的。本书的目的是通过几种仪器的制造介绍，使读者自己也能动手制造，从而引起自制自用的兴趣，尤其是融会贯通以后，使读者根据自己生产岗位的需要，创造更多更适合的仪器。

社会主义工业需要机械化、自动化和远距离控制，利用更多更准确的仪器来代替我们人类的“视”、“听”、“触”、“嗅”、“味”五觉，以代替我们的劳动。作者希望这本书出版后，能为祖国的社会主义工业化贡献出一点力量。

在制造各种仪器时有苑双林、王福成、殷璽同志参加；校正时有楊注文等同志参加，并提出重要改进意見，志此以表謝意。

魏云昌

1957年2月于塘沽

目 次

序

前言

第一章 电导分析仪的制造及应用 1

一、电导分析仪的原理 二、电导分析仪的主要用途 三、电导分析仪的制造 四、绝对式电导仪的校准 五、比较式电导分析仪 六、其他式样的电导仪 七、电导分析仪的使用示例 八、电导自动警报仪的制造

第二章 电找中(中心线)仪的制造及应用 25

一、电找中仪的用途及创制经过 二、电子管式电找中仪的制造 三、振子式电找中仪的制造 四、电找中仪的使用示例

第三章 机器杂音检查器的制造及应用 33

一、机器杂音检查器的原理及用途 二、机器杂音检查器的制造 三、机器杂音检查器的使用说明 四、杂音检查器的代用品

第四章 金属表面电火花强化器的制造 38

一、金属的电火花加工 二、金属表面电火花强化和镀盖 三、介绍几种苏联牌号的金属表面电火花强化器 四、金属表面电火花强化器所用的主要零件的介绍 五、自制金属表面电火花强化器 六、金属表面电火花强化的一般工艺资料介绍 七、电火花强化后的金属使用有效时期提高 八、强化器的安全注意事项

第五章 极谱分析仪的制造及应用 58

一、极谱分析及极谱分析仪的概念 二、最简单的极谱分析仪电路 三、自制极谱仪所需的主要零件及其效用 四、自制极谱仪 五、半自动的极谱仪 六、自制极谱仪分析示例

第六章 高频电场水性改变器的制造及应用88

- 一、高频电场水性改变器的用途和原理 二、水性改变器的制造
法 三、经高频电场处理后水的物理性质研究

第七章 多点远距离电阻温度计的制造及应用 102

- 一、偶衡指温计 二、偶衡电阻指温计的工作原理 三、多点远
距离电阻温度计的制造方法

第八章 二氧化碳自动分析仪的制造及应用 120

- 一、二氧化碳分析仪的用途 二、导热式二氧化碳分析仪的原理
三、导热式二氧化碳自动分析仪的制造 四、导热式二氧化碳自
动分析仪的一般性能

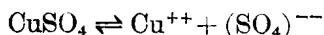
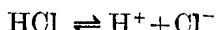
第一章 电导分析仪的制造及应用

一、电导分析仪的原理

电导分析仪是利用电解质水溶液能够导电的原理制成的一种分析仪器。它的用途很多，如电导滴定、电导测量溶液的浓度、电导监视冷却水或洗涤水的成分变化等。

有时制造厂家为了某种专用目的而设计的，故又称为“水质纯度检查器”、“电导自动测盐计”等。实际上都是利用这一原理制成的专门仪器。

一般无机化合物的分子，溶解在水中成为水溶液以后，常离解为两种离子。一种是带正电的“正（阳）离子”。一种是带负电的“负（阴）离子”。这两种离子都带有电荷，并且可以在溶液中自由而且迅速的运动。这两种离子还可以互相结合，重新又形成分子。当溶液在某一种浓度，溶质也是一定的时候，分子离解为离子的速率和离子结合为分子的速率相等时，就达到平衡状况了。例如：



离子既带有电荷，所以含有离子的水溶液是可以导电的。其导电度和溶液中所含的离子数目成正比。但离子的数目与溶液所含溶质的浓度有关；与溶质（电解质）的本性有关。一般溶液愈稀则电解质的分子愈离解得完全（但这并不意味着导电度大，因离子总数目尚不够多）。强酸、强碱、强酸强碱的盐类、其电离的强度大，而弱酸、弱碱、弱酸弱碱的盐类、其电离的强度则小。

根据欧姆定律，当电流 I 在一导体内流动时，电流与施于导体

上的电压 E 成正比例,而与导体本身的电阻 R 成反比例:

$$I = \frac{E}{R} \quad (1-1)$$

又設导体是均态物质,則此物质的电阻 R 与其横截面 A 成反比例,与其长度 L 成正比例;此外,物质本身导电的性质也各有不同,每种导体有其不同的电阻系数 ρ 。于是:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (1-2)$$

当电解质溶于水时,所成的溶液是很均匀的均态物质。溶液在某一种浓度、某一温度和某种电解质的条件下,分子离解为离子的数目也就一定。因溶液中含有离子,故成导体。但这种导体的电阻系数随着电解质生成的离子的原子价不同、溶液浓度的不同、溶液温度的不同而欧姆值不同。

我們把公式(1-1)和(1-2)中的电压 E 、电极距离 L 、电极相对面积 A 、以及电解质的种类、溶液温度等都給固定为常数。那么,电流 I 随着电阻 R 的变动而变动,而电阻 R 又随溶液离子浓度的变动而变动。

因此,一般溶液稀释到一定浓度时,我們就可根据上述关系来测量通过溶液的电流(电导度),因而間接求出該溶液的浓度。

根据試驗結果証明,以 1 克分子的氯化鈉(58.5 克)分別溶成不同浓度的水溶液,測定此溶液的电导度以及分子电离的百分率,其結果如下表:

表 1-1 不同浓度的氯化鈉溶液測定結果

溶解 58.5 克 NaCl 所 用的水量(升)	电 导 度	电离度(分子电离百分率)
1	69.5	67.5
2	75.7	73.6
10	86.5	84.1
100	96.2	93.5
1000	100.8	98.0
10000	102.9	100.0
50000	102.8	100.0

由上表看出,可見在用 10000 升的水来溶解时,已达最大的导电度, NaCl 的分子全部离解为离子。如再加水稀释,其导电度也不会再增加了(见图 1-1),这就是溶液的最大稀释度。

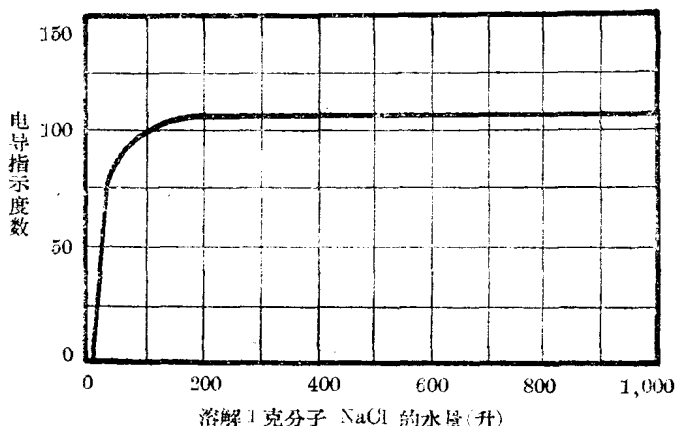


图 1-1 NaCl 溶液的电导曲线

如以曲线表示电导度与溶液离子浓度的关系,则电离度与电导度是成正比例的。设浓度为 1 时的电离度为 x , 电导度为 m_v , 则:

$$m_v = Kx \quad (1-3)$$

式中的 K 是比例常数。

如溶液在最大稀释度时,分子已全部离解为离子,则 $x=1$ 。若这时电导度以 m_∞ 来表示,则:

$$m_\infty = K \quad (1-4)$$

将(1-4)式代入(1-3)式,得:

$$x = \frac{m_v}{m_\infty} \quad (1-5)$$

公式(1-5)的意思是说:在某种浓度时的电离度,等于此时的电导度除以最大稀释度时的电导度。

由公式(1-5)可以看出:溶液中的电离度,可以用电导度来表示。例如,58.5 克 NaCl 溶解于 1 升的水中, $m_v=69.5$, 而 $m_\infty=102.9$, 所以其电离度为:

$$\alpha = \frac{69.5}{102.9} = \frac{67.5}{100} = 0.675$$

这也就是說：每 100 个 NaCl 分子，在那样濃度的溶液里，有 67.5 个分子电离而成为离子（当然不会有半个分子离解；此处系測量数据的关系）。换言之，即分子的电离百分率为百分之 67.5。

各种物質的电离度的大小是不等的，例如强酸、强碱及其盐类溶液的电离度最大；弱酸、弱碱及其盐类溶液的电离度要小；至于非电解质如糖、甘油、酒精等，电离度等于零，故其水溶液不导电。

由上述的原理，我們就可以利用电解质溶于水因电离而导电的作用，測量溶液的电导度，間接就可以測出溶液的濃度了。

虽然电导度与濃度不是直綫关系（一般在較淡的濃度下近于直綫），但我們可預先以已知不同濃度的溶液，分別測出其导电度，并繪成曲綫，根据曲綫就可以由溶液的电导度来求出溶液的濃度了。

因为电导度是与离子上的电荷有关的，所以电导分析仪只能用作定量分析、电导滴定等，而不能作为定性分析。

二、电导分析仪的主要用途

化工厂的生产工艺过程中大都有許多液体原料及半成品，这些又多是水溶液和电解质，如酸、碱和盐类。在工艺过程中，这些溶液的成分（濃度）往往变化很大。为了得到生产的均衡或提高生产的效率，溶液的濃度必須保持一定的范围，才能获得良好的效果。又日常生产中的溶质是一定的，那么，当溶液濃度不太濃、或沒有达到分子离解为离子的饱和程度，都可以用电导分析法来代替化学分析法測定溶液的濃度。这样可以得到快速而节约分析药品的效果。例如，鍋炉因不断的把水蒸发，其中的水就越来越濃了。所以到一定的濃度时，必須把污水排出去；蒸汽冷凝后是否有电解质存在，如果有的話，則表示鍋炉內的水有“汽水共沸”現象，严重的可以发生重大恶性事故等等。这都可以用电导分析仪来測定，而得到既簡便又准确的效果。茲举数例于下，說明可利用电导分

析仪的地方,当然讀者可根据自己的实际情况使用了。

1. 热交换器与致冷器 化工厂热交换设备、冷却水箱等,这些设备都是利用冷却水或其他溶液,在冷却管子的間隔并傳导热量的作用下,实现冷却或热交换作用。为了达到液体能克服各种阻力,必須加压輸送。这时就难免发生渗漏現象,如氨碱法制碱过程中的碳化塔冷却水箱,欲知其是否漏滴,可用电导分析仪来測定。因为进出冷却水的成分不会改变。如果因渗漏而使水沾染了杂质,冷却出水的濃度也就增加,电导度也随之增加。这时可由电导分析仪电流表的度数改变,而知道漏滴的情况。此仪可經常进行測量,以防万一漏滴造成巨大的損失。

2. 蒸餾塔 为了檢查蒸餾塔的廢液是否有超过規定的氨逃走,也可以用电导仪来进行連續測定。只要引蒸餾塔底部的蒸汽加以凝縮,如果沒有氨逃走,冷凝水几乎是蒸餾水,蒸餾水的电导度是很小的。如果有氨逃出,那么冷凝水也就含有氫氧化氨(NH_4OH)了。于是电导度就突然增加。

3. 蒸发缶冷凝器 用以檢查蒸发缶冷凝器冷却水是否跑滴,如制燒碱用的蒸发缶冷却水是与蒸汽直接接触的,如果蒸发缶的碱液液面过高或真空度不适当,都会造成跑滴事故。这时大量的碱液渗入冷却水中而丢失。发生这种事故以后,往往因为時間短促,不能查覺,但損失量却很大。本来冷却水因冷凝一部分蒸汽而应冲淡,倘反而增濃,这就表明跑滴了。这也可用电导分析仪来連續測定或把它記錄下来。

4. 蒸发缶蒸汽室 用于檢查蒸发缶蒸汽室是否漏滴,正常时蒸汽冷凝后应为蒸餾水,如果漏滴,电导度就突然增加。

5. 洗泥桶 多层洗泥桶是洗滌廢泥渣中的溶質的。这种洗泥桶的效力极高。泥浆和洗水分多次逆流洗滌。每层并有泥封层。倘操作不妥,便会使各层走短路而失去了洗滌作用。这时可分別測定各层洗滌出水的电导度,由于各出水的濃度应逐层增加,即可知道操作正常。倘使其中二层电导度相同,那就表示其中一层走了短路而失去洗泥作用。

6. 廢泥漿 廢泥中含有溶質的量的測定。為了降低消耗定額是必要的。化工生產過程中的廢泥漿含有的溶質不能超過一定指標，這也可用電導分析儀來測量。

7. 鍋爐污水 測定鍋爐排污的濃度。

8. 蒸汽 蒸汽是否有電解質混入的檢查。

9. 蒸餾水 蒸餾水製造的純度檢查。

10. 有色液體 電導滴定，尤其是有顏色或污臟的液體，不能用指示劑的顏色改變顯示終點，或極淡溶液的時候，都須用電導滴定。

11. 空氣 空氣含水分、 NH_3 、 CO_2 等的自動測定；利用一特制的電極，電極上塗有吸水的物質，使空氣流過這一電極，由於其中含有水分、 NH_3 、 CO_2 ...，而改變了它的電導度，間接就可測出空氣的成分了。

12. 甘油 電導法測定甘油的純度。

13. 二氧化碳 測定鋼鐵含碳量時發生的二氧化碳 (CO_2)，用一定濃度的氫氧化鋇 [$\text{Ba}(\text{OH})_2$] 溶液把它吸收下來， CO_2 使氫氧化鋇成為碳酸鋇 (BaCO_3) 而沉淀，因而改變了電導度，從而可以得出鋼鐵中的含碳量。如再配合高頻電流加熱法，則特別適用於煉鋼鐵的爐前快速分析。

三、電導分析儀的製造

測量溶液的電導度有許多方法：如惠斯登電橋法；如測量溶液的電阻 R 法，此法中電阻的倒數 $\frac{1}{R}$ 即為溶液的電導度；又如比較式電導分析儀。這是比較兩種溶液含有溶質量的方法，如洗滌水中本來就含有許多雜質（如 Na_2CO_3 ， Na_2SO_4 ， MgCl_2 等），今洗滌某種物質如泥漿，則泥漿中的溶解固體物勢必摻入水中，因而洗滌水逐漸變濃。這種比較法在使用上非常方便，即以未洗水為準與洗滌后的水作比較，測出兩者之差，即為增加的物質。茲分別將制法寫在下面：

1. 惠斯登电桥法 此法所用的设备较简单,而使用时较麻烦,所以这里仅简单的叙述一下。

惠斯登电桥有四臂,其一臂即为被测溶液的电导池,另外三臂皆是已知数值的电阻,其中之一为滑动电阻,根据滑动触点所在的位置,即可由电阻线的长度折算成电阻值。电桥的平衡点用听筒辨别,这听筒可以采用矿石收音机使用的耳机即可(也可用交流电检流表)。电桥电源可以采用4~10伏的电铃变压器来供给,因为市电是50赫220伏的交流电,经电铃变压器降为4、6、10伏,但频率仍为50赫。利用交流电可以防止电导池的电极发生极化作用而失去了准确性。这一点待在后节中详述。电导池及电极的制法也见后节。线路图参看图1-2。

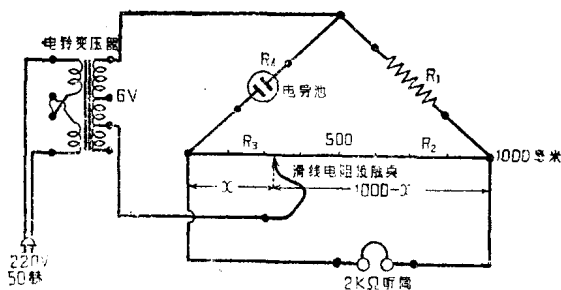


图 1-2 用惠斯登电桥法测量溶液的电导度

电桥中共有电阻四个。 R_1 要选择与 R_4 (电导池)相差不多的电阻值。 R_4 可先用欧姆表测量一下,用欧姆表测量时应迅速读数,以免产生极化作用而失去了准确性(电极极化后,指针后退)。 R_3 、 R_2 是用一根长1米(1000毫米)的电阻丝,电阻约20欧姆即可。这样由于接触点的滑动,把它分为两个电阻,即 R_3 (即 x)与 R_2 (即 $1000-x$)。借听筒内的交流声判断电桥的平衡。当滑动接触点滑到某一地位时,听筒内的交流声降至最低,甚至无声。此时则表示电桥已经平衡。

这时可根据下式计算出溶液(电导池)的电阻:

$$\frac{R_4}{R_1} = \frac{x}{1000-x} = \frac{R_3}{R_2} \quad (1-6)$$

(式中 x 用电阻綫的长度表示, 单位为毫米, 1000 是表示电阻綫的总长为 1000 毫米)。

而电导是电阻的倒数, 故

$$\text{电导池的电导度} = \frac{1}{R_4} = \frac{1000-x}{x} \times \frac{1}{R_1} \quad (1-7)$$

設电导池的常数为 K , C 为电导池的电导率, 則

$$C = \frac{1000-x}{x} \times \frac{K}{R_1} \quad (1-8)$$

如果每次測量都用这一电导池, 則电导池及电导池的电导率即无关紧要。因为电导率与溶液电导成正比, 这一常数可自然的削去了。

2. 电子管绝对式电导分析仪的制造法 此式所能測量溶液的电阻可从零至无限大(∞)。在这一范围内分为三段, 如以食盐溶液(20°C) 作标准(也可以用別种电解质和温度作标准), 則可校准为 $0\sim 100$ ppm (1 ppm 即一千毫升水中含有氯化鈉 1 毫克, 亦即含盐类占水重量百万分之一); $0\sim 1000$ ppm; $0\sim 10000$ ppm。这样就可以从电导度等于零起(如蒸餾水几乎不导电), 根据溶液的濃度分別采用某一范围, 測量出最大的导电度。

当然 $0\sim 100$ ppm, $0\sim 1000$ ppm, $0\sim 10000$ ppm 这三段范围是由已校准过溶液的电导度折算成的, 标准溶液的温度也要固定, 否則电导度就会随温度改变的。严格說起来, 这样表示是不很合理的。这仅說明它所能測量的范围很广, 用起来很方便。导电度是和蒸餾水相比, 故称其为绝对式电导分析仪。

(一) 绝对式电导分析仪制造的經過 以前我們曾利用普通的交流电流表(动鉄式), 把分流器拆除, 配合电阻, 构成惠斯登式电桥, 用以測量鍋炉排污的濃度。由于构造简单; 采用 50 赫电源有极化作用; 且讀数因电压波动而改变, 还要加以校正, 所以准确度較差, 而且使用亦不便利。

要使电导分析仪有較高的灵敏度和准确度, 必須具备下列条件:

(1) 測量的电压要加以稳定, 不受电源电压波动的影响。

(2) 测量的电流要为每秒約 1000 赫的交流电, 則可防止极化現象发生。

(8) 要用灵敏度大的电流計, 一般动圈式毫安計或毫伏計最为合用, 因为这些电流計是直流式的, 所以还須加配整流器。

(4) 测量范围要分出阶段, 既可以测量濃度低的溶液, 也可以测量濃度高的溶液。

根据上述要求, 几度改进設計, 最后得出以变压器、电子管、稳压管、电阻和灵敏的电流表等組成电导分析仪。因而在使用时不再受电压变动和极化的影响, 同时还可以测量三种濃度范围的溶液。

(二) 絕对式电导分析仪的制造

(1) 綫路設計——用电源变压器把市电变成三种不同的次級电压, 其中 6.3 伏供給 6SN7 电子管(V_1)的絲极; 250 伏供給整流部分的屏极电压, 經整流后变成脉冲的半波直流电, 然后經過电阻 R_1 和电容器 C_1 和 C_2 , 把脉冲的半波直流电經过滤波, 变成平滑的直流电(乙电), 如图 1-3。

直流电的正极通过电阻 R_2 后, 被电压稳定管泄漏一部分, 这一部分电流由电阻 R_2 变为热能而消耗。电压稳定管 VR-150(即 V_2)可保持 150 伏稳定的电压, 超过 150 伏就漏电, 故有稳压作用。

电子管的一个三极部分(6SN7 是双三极管)与低频率变压器(即声頻变压器)組成声頻振荡(約 1000 赫), 最后借 6V6 輸出变压器的作用, 把 1000 赫高压电流变成約 1.75 伏的低压电流, 然后輸出备用。

测量部分分为三段, 第一段最灵敏, 测量范围为 0~100 ppm, 电流直接經過电阻 R_3 、 R_4 和电导池的电极, 流入电流表。电流表是直流的, 而輸入的是交流, 所以还須串接一个 1 毫安的氧化亚銅(Cu_2O)整流器。此时因为测量的溶液很淡, 电阻很大, 通过电极的电流很小, 虽被整流但也沒有发现极化作用, 使电流表指針有后縮現象; 第二段內电流經過 R_5 和电导池电极, 在电阻 R_5 的两端产生电压降, 然后再經电流表测量, 这一段的范围是 0~1000