

何孙寅 鲁烈明 骆寿高 刘玉刚 合编

工业成分分析器的使用与维修

化学工业出版社

86
TH830.7

1

3

工业成分分析器的使用与维修

何孙寅 鲁烈明 合编
骆寿高 刘玉刚

CA13-20

化学工业出版社



B

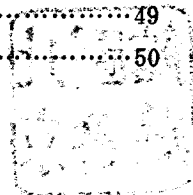
288866

目 录

第一章 概述	1
一、工业分析仪在生产上的重要作用.....	1
二、工业分析仪的分类.....	2
三、工业分析仪的一般组成.....	3
四、分析仪的品质指标.....	4
五、分析仪的选型.....	5
第二章 电导式分析仪	7
第一节 电导分析仪的测量原理.....	7
一、电导与溶液浓度的关系.....	7
二、电导的测量.....	8
第二节 电导式硫酸浓度计.....	8
一、硫酸浓度计的工作原理与结构.....	9
二、硫酸浓度计的校验和调整.....	12
三、硫酸浓度计的使用和维修.....	12
四、硫酸浓度计的常见故障和排除方法.....	17
第三节 电磁式硫酸浓度计.....	18
一、电磁式硫酸浓度计的工作原理.....	18
二、电磁式硫酸浓度计的组成.....	19
三、电磁式硫酸浓度计的调校.....	20
四、电磁式硫酸浓度计的使用和维修.....	21
第四节 工业电导仪.....	23
一、工业电导仪的组成.....	23
二、工业电导仪的安装和使用.....	31
三、工业电导仪的调校.....	32
四、工业电导仪的维修.....	34
第五节 盐量计.....	37
一、盐量计的工作原理.....	37
二、盐量计的组成.....	38
三、盐量计的使用和维护.....	41
第六节 电导式CO、CO ₂ 微量分析仪.....	43
一、仪器的工作原理.....	43
二、仪器的组成.....	44
三、仪器的使用和调校.....	49
四、仪器的维护.....	50

000000

3



第三章 电位式分析仪	55
第一节 酸度计	55
一、酸度计的测量原理	55
二、pHG-21B型工业酸度计的组成和原理	60
三、pHG-21B型工业酸度计的调校和安装	66
四、pHG-21B型工业酸度计的使用和维修	69
第二节 氧化锆氧量分析仪	75
一、氧化锆氧量分析仪的测量原理	75
二、ZO-101A型氧化锆测氧仪工作原理和结构	79
三、ZO-101A型氧化锆测氧仪的调校和维修	92
四、ZO-103型氧化锆测氧仪	93
五、直插式带温度补偿的氧化锆测氧仪	100
第四章 热导式气体分析器	105
第一节 热导式气体分析器的基本原理	105
一、基本原理	105
二、导热系数的测量	106
三、电阻的测量	107
第二节 RD系列热导式分析器	108
一、分析器的组成	108
二、分析器的安装和使用	115
三、分析器的现场调校	121
四、分析器的维修	122
第三节 KS系列热导式氢分析器	125
一、分析器的构造和特点	125
二、分析器的使用和维护	125
第四节 QRD系列热导式氢分析器	128
一、分析器的构造和特点	128
二、分析器的使用和调整	130
第五章 热磁式氧分析仪	131
第一节 热磁式氧分析仪的测量原理	131
一、气体的磁性质	131
二、热磁对流现象	132
第二节 QZS-5101型热磁式氧分析器	133
一、QZS-5101型氧分析器的工作原理	133
二、QZS-5101型氧分析器的组成	134
三、QZS-5101型氧分析器的使用和调整	136
四、QZS-5101型氧分析器的维护和故障处理	138
第三节 CD-001型热磁式氧分析仪	139
一、CD-001型氧分析仪的工作原理	139
二、CD-001型氧分析仪的组成	140

三、CD-001型氧分析仪的使用和维护	140
第六章 红外线气体分析仪	145
第一节 红外测量原理	145
一、红外线及其辐射源	145
二、红外测量原理	147
三、红外线分析仪的分类	148
第二节 FQ型红外仪的工作原理及组成	149
一、工作原理	149
二、光声系统	150
三、电气线路	158
四、安装及调校	166
第三节 国产其他类型的红外线分析仪	168
一、QGS-04型红外线分析仪	168
二、HQG-71A型红外线分析仪	174
三、HW-001型红外线分析仪	179
四、HW-01型红外线分析仪	185
五、GQH-T型红外线分析仪	187
第四节 红外线分析仪的使用和维修	195
一、仪表使用中的注意事项	195
二、仪表的灵活使用	198
三、仪表的日常维护	198
四、仪表的检修	200
第七章 光电比色计	214
第一节 测量原理	214
第二节 GB-4A型Cu ⁺⁺ 分析仪	215
一、工作原理和结构	215
二、调校和维修	219
第三节 GB-5A型光电比色H ₂ S分析仪	221
一、工作原理和结构	221
二、调校和维修	222
第八章 气相色谱分析仪	226
第一节 气相色谱的分析原理	226
一、气相色谱简介	226
二、气相色谱分析的分离原理	226
三、气相色谱分析的常用术语和物理意义	227
第二节 SQG系列气相色谱仪	228
一、SQG色谱仪的组成	229
二、SQG色谱仪的气体流程	232
三、SQG色谱仪的电气系统	233
四、SQG色谱仪的安装与接线	235

五、SQG色谱仪的使用和调试	237
六、SQG色谱仪的维护和常见故障	239
第三节 GS-1型气相色谱仪	246
一、GS-1型色谱仪的组成和结构	246
二、GS-1型色谱仪的气体流程	253
三、GS-1型色谱仪的电气原理	256
四、GS-1型色谱仪的安装和接线	277
五、GS-1型色谱仪的使用	279
六、GS-1型色谱仪的日常维护和调整	281
七、GS-1型色谱仪的故障处理和维修	283
第九章 密度和湿度自动测量仪表	291
第一节 密度自动测量仪表	291
一、密度的基本概念	291
二、NMZ-10型振动管液体密度变送器	291
三、XNP-10型数字密度显示仪	296
四、仪表的调校和安装	310
五、仪表的使用和维修	312
第二节 湿度自动测量仪表	315
一、湿度的含义和单位	315
二、DBS-01型湿度变送器原理与结构	316
三、仪表的使用和维修	319
四、WS-I气体微量水分仪	320
第十章 标准样品的配制	327
第一节 标准气体的配制	327
一、压力配比法	327
二、体积配比法	329
三、电解配气法	330
四、纯气体的制取	333
第二节 标准溶液的配制	335
第三节 配制和使用标准样品时的注意事项	337
第十一章 样品的预处理系统	340
第一节 预处理装置的构造及要求	340
一、取样器	340
二、稳压装置	344
三、冷却器	345
四、水气分离器	350
五、过滤器	352
六、干燥器和化学过滤器	353
七、其他	353
第二节 预处理用的化学试剂	355

一、干燥剂.....	355
二、吸收气体的试剂.....	356
第三节 预处理系统的选择原则及实例.....	358
一、预处理系统各部分的选择原则.....	358
二、实例.....	360

第一章 概 述

一、工业分析仪在生产上的重要作用

用来识别混合物质中成分的装置称为成分分析仪，简称为分析仪，在工业流程中使用的称为工业自动流程分析仪，简称为工业分析仪。

工业流程，例如，化工、钢铁、冶炼以及火力发电等，都是各种原子、分子在一定条件下相互作用，引起物质变化或重新结合新物质的过程，对于这样的生产流程，其原材料、中间产品、产品的质量和产量管理是十分重要。为了得到预期效果，可以利用一般常规温度、压力、流量仪表来监视表征生产流程的物理量以达到稳定生产目的，显然，从物质质量角度看，这是间接的，没有直接识别质量的直接参数成分，而分析仪是直接测量和控制物质的成分，因而在稳定生产和保证质量方面起着一定程度的保障作用，也为实现进一步生产自动化创造条件。

近几年来，在连续性的工业生产中，特别在现代化的化工生产中，对一些物质成分，中间或最终产品用一般人工采样分析方法已愈来愈不适应生产的要求，逐渐被工业分析仪所代替。现就合成氨生产流程和燃烧过程为例，说明工业分析仪在生产当中的重要作用。

1. 在生产流程中，合理地选用分析仪表能迅速、准确地分析出参与生产过程的有关物质成分。操作人员通过及时地控制和调节，达到最佳生产过程的条件，从而实现稳定生产和提高生产效率。例如，连续分析进氨合成塔气体的组分，根据分析结果及时调节和控制气体中氢和氮的含量，使它们之间维持最佳的比值，从而获得最佳的氨合成率，使产氨量增加。

2. 在工业生产中，及时分析有害物质成分能确保生产安全和防止设备事故。例如，合成氨原料气体中，氧含量分析十分重要。氧含量超过一定限量将会发生爆炸，因此，及时准确地分析合成氨原料气体中氧含量有着极其重大意义。对半水煤气中硫化氢气体的分析和控制，能防止设备腐蚀；对合成气中一氧化碳、二氧化碳气体分析能防止合成塔触媒的中毒；在燃烧过程中连续分析进入锅炉中水的导电率、硅酸根离子等，能确保锅炉的安全运行。

3. 在生产中及时分析生产过程参数对降低能耗，节约燃料方面有一定的作用。例如，燃烧过程中，测量燃烧反应后的二氧化碳含量和助燃物质——氧含量，可及时了解燃烧的好坏，对燃烧质量进行直接监督，从而可以实现燃料用量和进风量的最佳比值控制，减少燃料用量，降低能耗。

4. 对生产的产品或中间产品的分析，确保产品的质量起监督作用。例如，甲醇产品密度的连续测量确保产品的质量；空分制氧设备中氧、氮纯度分析，保证产品的合格；合成氨生产中对半水煤气、变换气成分分析能确保合格的中间原料气送往合成。

5. 对生产中排放物质进行分析能对环境污染进行监督和控制。例如，对化工生产中排放出来的污液进行酸碱度等分析和及时控制，使排放出来的废污液符合国家标准。

总之，工业分析仪不同于常规物理量仪表，它分析生产中内在物质成分，只要我们在了解仪器性能基础上，合理选用，正确使用和维护，在生产中是能大显身手。目前工业分析仪在工业中已广泛应用，今后随着分析仪本身不断完善和发展，必将在稳定生产、提高产量、

确保安全、减少能耗、保证质量、监督污染等方面起着越来越大的作用。

二、工业分析仪的分类

分析仪按使用场所可分为实验室分析仪和工业分析仪两大类。实验室分析仪一般是在实验室内使用，人工取样，间断地分析。而工业分析仪则自动取样，连续分析，并随时指示或记录出分析的结果，一般均在现场连续使用。因此，工业分析仪与实验分析仪相比，结构要复杂得多，对仪器的使用和维护要求也高一些，本书着重介绍后者。

分析仪按照安装和使用方式分为固定式和携带式两大种。固定式分析仪安装在固定地方，将采得样品在固定地方分析，它可以是实验室型，也可以是工业分析仪。携带式分析仪，小巧、轻便携带到现场取样分析。本书着重介绍前者。

分析仪依据被测对象结合工作原理，也可看到如下命名和分类：电导式硫酸浓度计，磁性氧分析仪，热导式氢分析仪等。也有根据测量对象分类，如气体分析仪，液体分析仪，酸碱度分析仪等。但是比较多，也比较系统的分类是按其工作原理。按其工作原理可分为如下几种。

1. 电化学式

电导式：电导仪，电导式微量CO、CO₂分析仪，盐量计，硫酸浓度计等。

电位式：酸度计，钠度计，浓差电池测氧仪等。

电量式：微库仑微量硫分析仪，微量水分析仪，电位电解仪等。

极谱式：极谱仪，极谱式氧分析仪等。

2. 热学式

热导式：热导式氢分析仪，热导式二氧化硫分析仪，热导式二氧化碳分析仪等。

热化学式：电解氧中氧分析仪，双管定硫仪，可燃气体测爆仪等。

差热式：差热分析仪，真空差热仪等。

3. 磁式

热磁式：热磁式氧分析仪。

磁力机械式：磁力机械式氧分析仪。

4. 光学式

光电比色式：铜离子分析仪，硫化氢分析仪，硅酸根分析仪等。

红外线吸收式：红外线分析仪。

紫外线吸收式：紫外线吸收分析仪，测汞仪等。

分光光度式：火焰光度计，可见分光光度计，原子吸收分光光度计。

发射光谱式：光谱式分析仪。

5. 色谱分析式：气相色谱分析仪，液相色谱分析仪。

6. 机械力式：振动式密度计，旋转式粘度计，超声波粘度计等。

7. 化学式：化学吸收式分析仪，去极化式微量氧分析仪。

8. 射线式：X射线衍射仪，γ射线密度计，放射性同位素分析仪等。

9. 质谱式：静态质谱仪，动态质谱仪。

10. 波谱式：核磁共振仪，电子顺磁共振仪，气体射频波谱仪等。

从上述可知，分析仪的种类繁多，本书着重叙述化工生产当中常用的工业分析仪，如，电导式、电位式、热导式、热磁式、红外吸收式、光电比色式、色谱分析式、密度计和湿度

计等。各种类型分析仪，目前型号国家还没有统一的规定，均由各分析仪器厂自定，因此型号繁多，为便于读者学习，本书在写出仪器型号同时，还写明生产厂。

三、工业分析仪的一般组成

工业分析仪一般由取样、预处理、转换器（发送器）、控制器、显示仪表和电源稳压器六部分组成。它们之间的关系如图1-1。

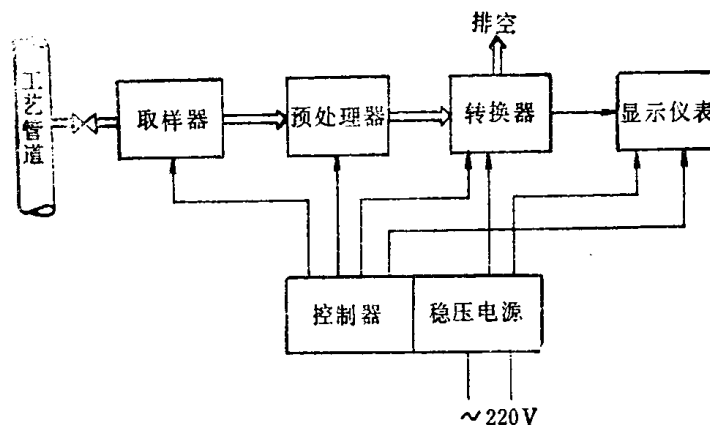


图 1-1 工业分析仪的一般组成

1. 取样器 它是从工艺流程中取得分析样品的装置。根据工艺不同对象的性质和不同分析仪的要求，取样器有各种取样方式，如正压取样和负压取样。对取样器的要求是定时、定量地从被测对象中取出分析样品，送到预处理部分。

2. 预处理器 将取样器取得的分析样品，经过预先处理，使得符合仪器要求的装置。例如：稳压、降压、升温、降温、稳流、除尘、除水干燥、清除分析样品中的干扰成分和对仪表有害的物质。预处理装置包括各种化学或物理的处理设备。

不同的工艺流程，不同的分析仪器有不同的预处理装置。因此，预处理装置一般是做成组装式，可根据用户要求进行选择。预处理器组装合理否，对仪器使用好坏影响很大，必须引起足够的重视，有时就是因为预处理装置不好，而使得一台贵重仪器使用不起来。具体要求和正确选用，参见第十章。

3. 转换器 它是将被测物质成分浓度转换成某种电性能（电阻、电感、电容）或电量（电流或电压）的装置，是分析仪的“心脏”。不同的分析仪，有不同的转换形式，也就是有不同的转换器。转换器工作的好坏直接影响分析仪器的测量结果。转换器的形式、结构、加工精度等都直接影响分析的精度，因此，它是一个结构较复杂、加工精度较高、工作条件要求比较严格的一个部件。大多数分析仪的转换器都要求恒温、防腐蚀、防振等。转换器设计和加工固然对仪器工作好坏起决定因素，但是正确使用和维护也是十分重要。

4. 控制器 它是分析仪的控制和处理中心。转换器的恒温由控制器中恒温控制线路完成，转换器输出的电性能或电量通过控制器中放大器的放大和处理器的处理，使分析仪输出统一标准的信号。在复杂的多流路的色谱分析仪中，还包括程序控制器和信息处理器，实现多流程自动切换、取样、自动信号衰减、自动调零和对色谱峰值信号积分或测量峰值等。

5. 显示仪表 它是显示分析结果的装置。由控制器输出的标准统一信号，在显示仪表上显示出被测组分的含量值。显示仪表一般均为统用标准产品，如XWD型小形长图自动平衡电位计，XWG型中圆图自动平衡电位计等。使用单位可根据不同分析仪输出信号，按需要

选用。

6. 稳压电源 分析仪到电源要求比较高，特别是供给转换器的电源。它直接影响仪器的稳定性和可靠性。一般分析仪稳压电源与控制器都制成一个组件。各种分析仪的稳压电源大同小异，本书仅介绍两种典型线路。

四、分析仪的品质指标

一台分析仪，衡量它的质量好坏，常见有如下品质指标：

1. 准确度 准确度习惯上也称为精确度，简称为精度。任何一台分析仪其分析的结果与真实值都有差异，也就是误差。准确度就是说明误差的大小。在实际工作当中，真实值是无法获得，常用标准表测量结果来替代。

仪表有基本误差和附加误差两种。基本误差是指分析仪在规定的周围环境温度、湿度、电源电压、频率、磁场、振动等工作条件下使用时产生的误差。附加误差是分析仪不在规定的工作条件下使用，由于外界环境影响所引起的额外误差。这种误差有时可能是很大，千万不可忽视。

基本误差是仪表本身转换原理，仪器的构造所决定，每一种仪表都有一定的准确度指标，即基本误差指标。附加误差是人为的，只要我们按仪表使用条件，可以把这种附加误差减少到最小程度。

按误差表示方式又有绝对误差、相对误差和相对百分误差三种：

$$\text{绝对误差} = A_{\text{指}} - A_{\text{标}}$$

$$\text{相对误差} = \frac{A_{\text{指}} - A_{\text{标}}}{A_{\text{标}}}$$

$$\text{相对百分误差} = \frac{A_{\text{指}} - A_{\text{标}}}{\text{仪表上限值} - \text{仪表下限值}} \times 100\%$$

式中 $A_{\text{标}}$ ——标准仪表指示值；

$A_{\text{指}}$ ——被校仪表指示值。

仪表的最大相对百分误差，称为精度等级，习惯上也称为基本误差。例如，某氢分析仪的测量范围为50~80% H_2 ，它的精度等级为5级，或基本误差为 $\pm 5\%$ 。其意义是该仪表在规定工作条件下的最大相对百分误差为 $\pm 5\%$ ，即仪表最大允许的绝对误差为 $\pm 5\% \times (80 - 50) = \pm 1.5$ 。

准确度（精度等级或基本误差）是仪表主要品质指标之一，准确度愈高（精度愈高）其测量结果误差愈小。注意，准确度高，表示的数值小。我们希望仪表的准确度都要高。

2. 灵敏度与灵敏限 灵敏度是仪表输出的变化量，即指针线位移或角位移 Δx 与引起这些变化的被测参数的变化量 ΔA 之比，称为仪表的灵敏度：

$$S = \frac{\Delta x}{\Delta A}$$

灵敏限也叫始动灵敏度，是指引起仪表指针发生动作的被测参数的最小变化量，通常仪表的灵敏限数值应不大于仪表基本误差绝对值的一半。

灵敏度是分析仪重要品质指标之一，灵敏度高的仪表应用价值就大。灵敏度决定于分析仪转换敏感元件和机构的最佳参数设计和制造精度。

3. 稳定性 是指分析仪转换机构的稳定程度。它可以分为转换机构未通入被测物质时，

处在电气平衡状况下的稳定性和转换机构通入被测物质时,处在电气不平衡状况下的稳定性。

稳定性能一般采用一定时间内允许指示或记录仪表漂移值的大小来表示。例如,DD-10微量CO、CO₂分析仪,在24小时内零点漂移不大于 $\pm 3\text{ppm}$ (ppm为百万分之一)。

稳定性好坏决定于转换敏感元件,电气元件的老化程度、稳压供电系统、取样装置、预处理装置中气路系统稳定性等。

4. 滞后时间与响应时间 是表示当被测物质通入仪表后,仪表指示反应的速度。当被测物质浓度在某 t_0 时刻,突然变化A后,仪表指示一般不会马上反应出浓度的变化,而是慢慢地指示出来,并经过一段时间后才能指示出变化后的准确的浓度值,其反应曲线如图1-2所示。

从图中看出从 t_0 到 t_1 是浓度变化了,而仪表指示还没有反应的一段时间,称为滞后时间。

响应时间有两种表示方法:一种是从仪表指示开始到指示值为被测浓度变化量的63%时的时间,称为时间常数,图中从 t_1 到 t_2 一段时间;另一种是从仪表指示开始到指示值为被测浓度变化量的90%时的时间,图中从 t_1 到 t_3 一段时间。工业上常用后者作为响应时间。

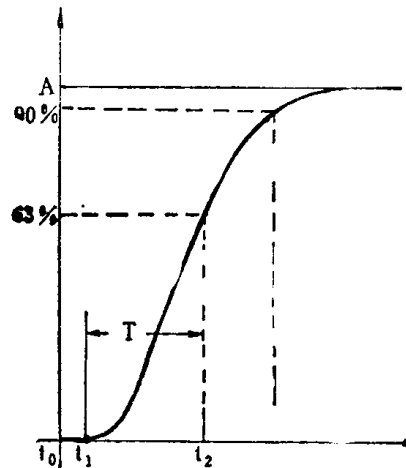


图 1-2 反应曲线

对工业分析仪来说,我们希望滞后时间和响应时间愈短愈好,这样反应快,在连续化生产过程中就更反映当时、当地的真实生产状况,对控制和监督生产就更有指导意义。滞后时间和响应时间的大小与取样装置、预处理装置形式和构造有关,还与装置之间连接导管的粗细、长短、转换器内容积大小有关。

五、分析仪的选型

在工业生产当中能否使用好分析仪表,相当重要因素是仪表选型是否恰当,由于分析仪表种类繁多,型号又不统一,给使用单位造成一定困难,为了能正确选用分析仪表,在选用前必须做到四个熟悉:

1. 对所分析介质要熟悉 所测介质成分特点,含量大致范围,介质的温度、压力高低,介质的腐蚀程度,介质的含水和杂质的多少等。这是选用分析仪取样方式,预处理组件数量和形式的主要依据。

2. 对准备使用分析仪的现场要熟悉 分析仪表安装地方是否有易爆、腐蚀性气体、振动和环境温度情况等。这是选取分析仪形式,是否要采取必要措施的依据。

3. 对生产上采用该分析仪的目的要熟悉 工业分析仪在生产上应用有各种目的,如为了稳定生产、确保质量,有的为了确保安全,实现监督和控制生产等。不同的应用目的,对分析仪也有不同的要求,如精度高低、反应时间快慢等,这是选取分析仪种类和型号的依据。

4. 对分析介质的有关分析仪性能和原理要熟悉 工业分析仪品种繁多,有时分析同一种介质可使用各种不同型号的分析仪。不同分析仪,其转换原理不相同,技术复杂程度也不相同,熟悉仪表性能和原理,便于根据生产上使用的目的进行正确地选用。

在上述四项熟悉的基础上,以满足工业生产上要求为准绳,从已知分析仪品种当中选出

分析仪种类、测量范围，选用时应考虑仪表精度、反应时间和现场条件。根据我国分析仪现状主要应立足于国内产品，但是，如果生产上对仪表要求高，在生产中起举足轻重的作用时，而国内又无此类型仪表的情况下，也可选用国外产品。再根据被分析介质的特点，选取分析仪取样方式、预处理组件数量和品种。并从便于维护和经济上合理性方面作一些比较。最后综合上述考虑，在保证满足工艺生产要求的前提下，又能使分析仪正确、安全、长期运行。保证主导方面，照顾一般原则，选取相对比较合理和正确的分析仪的种类和型号。

第二章 电导式分析仪

酸、碱、盐溶液都有一种传导电流的特殊性质，这种导电的性质，用物理量电导 m 来描述，它与溶液的浓度有关，利用溶液的这种性质可制成各种电导式分析仪。

电导式分析仪是历史比较悠久，技术较成熟、应用也比较广泛的一种分析仪。它用来分析酸、碱溶液的浓度时，常称为浓度计，如硫酸厂使用的DD-5型硫酸浓度计；直接指示溶液电导的就称为电导仪，如用来分析水质的DDD-32型工业电导仪；用来测量蒸汽和水内盐的浓度时，常称为盐量计，如热工系统使用的DD-4A型盐量计。

利用气体溶于某种溶液，再通过测量该溶液的电导，也能间接地用来分析气体的浓度，在小化肥工业中广泛用来分析微量一氧化碳、二氧化碳的DD-10型、DQG-1A型和DD-06型都属于这一类型。

第一节 电导分析仪的测量原理

一、电导与溶液浓度的关系

具有导电性质的溶液称为电解质溶液，电解质溶液与金属一样是电的良导体。当两支电极插入电解质溶液内，并通以电流时，它的电导可以用下式确定：

$$m = S \frac{A}{L} \quad (2-1)$$

式中 L ——两电极间电解质所具有的长度；
 A ——两电极间电解质所具有的横截面积；
 S ——电解质的电导率；
 m ——电解质的电导。

电解质的电导和电导率概念与我们常见的电阻 R 和电阻率 ρ 关系是互为倒数：

$$m = \frac{1}{R} \quad (2-2)$$

$$S = \frac{1}{\rho} \quad (2-3)$$

溶液的电导率 S 不仅随溶液的溶剂和溶质的不同而异，同时与溶质的含量即溶液的浓度有关。因此我们常引用当量电导率 Λ 这一概念。当量电导率是指相距为1厘米、面积为1平方厘米的两平行电极之间，充以浓度为1克当量的溶液时的电导率，由定义得：

$$S = \Lambda \cdot N \quad (2-4)$$

式中 N ——溶液的毫克当量浓度。

N 与浓度间的关系为：

$$N = \frac{c}{\delta \times 1000} \quad (2-5)$$

式中 δ ——溶液的毫克当量（毫克），

c ——溶液的浓度 (毫克/公升)。

将式 (2-4)、(2-5) 代入 (2-1) 得:

$$m = \Lambda \cdot N \frac{A}{L} = \frac{A}{L} \cdot \frac{\Lambda \times c}{\delta \times 1000} \quad (2-6)$$

或

$$R = \frac{L}{A} \frac{\delta \times 1000}{\Lambda \times c} \quad (2-7)$$

当两电极尺寸 A 、 L 一定时, 对既定溶液 δ 是常数; 低浓度时, Λ 也是常数, 这样式 (2-6) 可以写成:

$$m = K \cdot c \quad (2-8)$$

式中

$$K = \frac{A}{L} \frac{\Lambda}{\delta \times 1000}$$

从式中看出, 电导与溶液浓度成正比, 即通过测量电阻或电导可以确定溶液的浓度, 这就是电导式分析仪的基本原理。

由公式推导和实验得知上述原理只适用于低浓度或高浓度的溶液。当然只要电导和浓度之间有单值函数关系, 也就是成正比或反比关系时, 都可用电导法来进行分析。

二、电导的测量

测量溶液的电阻或电导比测量金属固体的要困难得多, 主要是因为直流电会使溶液电解, 使电极产生极化现象, 电解质的电阻测量只有采用交流电源, 交流电源能减小极化现象, 但是产生了电容的影响。其次溶液的电导不仅与溶液的浓度有关, 而且与溶液的温度有很大关系, 给测量带来误差。为此工业上一般采用交流 1000Hz 电源和在测量电导的同时, 也测量温度, 采用一些特殊的电路进行温度补偿。具体见各类型电导式仪表。

工业电导仪电导的测量方法有电极式和电感式两大类。电极式比较简单, 技术比较成熟, 并且也具有一定的精度。根据电极在电路中组成的方式, 它又可分为分压式、压降式和电桥式, 分别见第四节、第五节和第二、六节。

由于电极式是直接接触被测溶液, 所以电极容易被腐蚀和污染。电感应式是采用电磁感应的原理而设计, 非直接接触, 因此耐腐蚀, 具体内容见第三节。

第二节 电导式硫酸浓度计

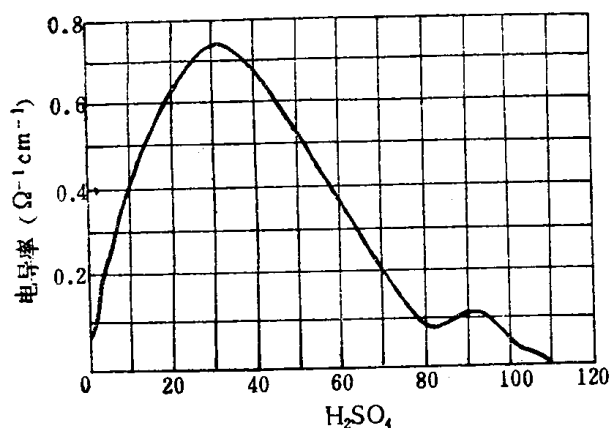


图 2-1 硫酸电导率曲线图 (18°C)

电导式硫酸浓度计广泛应用于硫酸工业中。现以南京分析仪器厂生产的 DD-5A 为例说明工作原理、结构、使用 and 维修方法。

硫酸的电导率, 当酸温为 18°C 时酸的浓度在 0~30% 范围内, 随着浓度的增高而增大; 浓度在 30~80% 范围内, 随着浓度的增高而降低。在这两种情况下, 电导率与浓度的关系都是单值关系。但浓度在 90~95% 范围内, 电导率与浓度呈多值关系。把酸温升高到 50°C 以上时, 这个浓度范围的电导率与浓度的关系也呈单值关系。因此, 硫酸的浓度适宜用电导法测

量。酸温为18℃的硫酸的电导率曲线如图 2-1 所示。

一、硫酸浓度计的工作原理与结构

据上节电导式分析仪原理，当电导池常数一定，酸温一定时，硫酸浓度与硫酸的等效电阻有严格的对应关系，符合下述公式：

$$R_t = \frac{1}{S_t} \times \frac{L}{A} = \frac{K}{S_t} \quad (2-9)$$

式中 R_t —— t ℃硫酸的等效电阻 (Ω)；

S_t —— t ℃硫酸的电导率 ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$)；

K ——电导池常数 (cm^{-1})；

A ——电极间电路的横截面积 (cm^2)；

L ——电极间电路的长度 (cm)。

因此，用交流自动平衡电桥测量硫酸的等效电阻就可测定硫酸的浓度。DD-5A、DD-105 硫酸浓度计就是根据上述原理设计而成的。

90~99%硫酸及103~105%硫酸的电导率、等效电阻值与浓度的对应关系见表2-1。

表 2-1 硫酸电导率、电阻与浓度对照表

电导率 电阻 浓 度	符 号	S_{50}^*	S_{60}	S_{70}	电极常数 $K=30\text{cm}^{-1}$		
					R_{50}^*	R_{60}	R_{70}
90.0		0.23604	0.28415	0.33607	127.10	195.58	89.27
90.5		0.23564	0.28310	0.33425	127.31	195.97	89.75
91.0		0.23512	0.28194	0.33233	127.59	196.41	90.27
91.5		0.23428	0.28045	0.33011	128.05	196.97	90.88
92.0		0.23312	0.27863	0.32755	128.69	197.67	91.59
92.5		0.23129	0.27610	0.32422	129.71	198.66	92.53
93.0		0.22853	0.27248	0.31966	131.27	199.10	93.85
93.5		0.22503	0.26807	0.31426	133.32	199.91	95.46
94.0		0.22070	0.26271	0.30782	135.93	199.19	97.46
95.0		0.20480			143.90		
96.0		0.19360	0.23030	0.26980	154.90	130.29	111.20
97.0		0.17250	0.20500	0.24000	173.90	140.39	125.00
98.0		0.14380	0.17090	0.19990	208.60	175.50	149.99
99.0		0.08910	0.10610	0.12450	336.70	282.45	241.05

电导率 电阻 浓 度	符 号	S_{45}	S_{55}	S_{65}	电极常数 $K=20\text{cm}^{-1}$		
					R_{45}	R_{55}	R_{65}
103.5		0.05631	0.06928	0.08357	355.18	288.68	239.32
104.0		0.05450	0.06719	0.08119	366.97	297.66	246.34
104.5		0.05177	0.06388	0.07742	386.32	313.09	258.33
104.7		0.05038	0.06231	0.07538	396.98	320.98	265.32
105.0		0.04791	0.05952	0.07212	417.45	336.02	277.32
105.5		0.04345	0.05376	0.06529	460.30	372.02	306.33

* S_{50} 为50℃时的电导率， R_{50} 为50℃时的电阻。

硫酸的电阻温度系数为负值，温度补偿常用参比电导池或热敏电阻，接入测量桥路的测量电导池的相邻桥臂中，以达到温度自动补偿的目的。为了达到较好的补偿效果，参比电导池的玻璃应尽可能薄一些（有必要的机械强度即可）。测量桥路的电气原理图见图2-2。

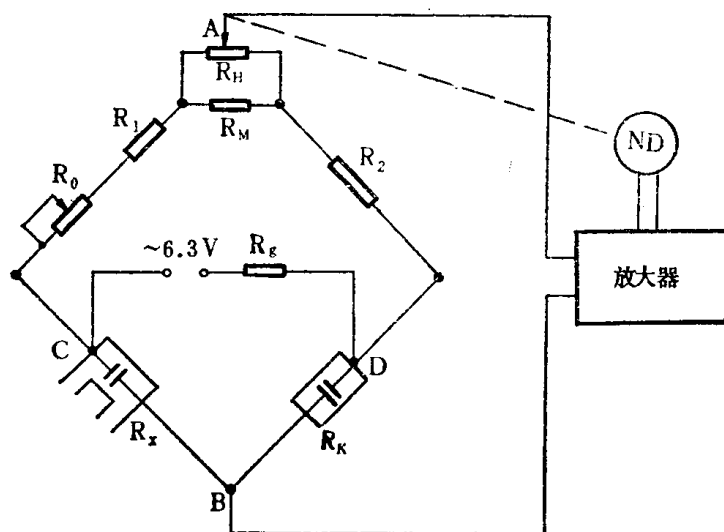


图 2-2 测量桥路原理图

图中： R_1 、 R_2 为桥臂电阻； R_0 为刻度起点调节电阻； R_H 为滑线电阻； R_M 为范围调整电阻； R_g 为限流电阻； R_K 为参比电导池中硫酸的等效电阻； R_x 为测量电导池中硫酸的等效

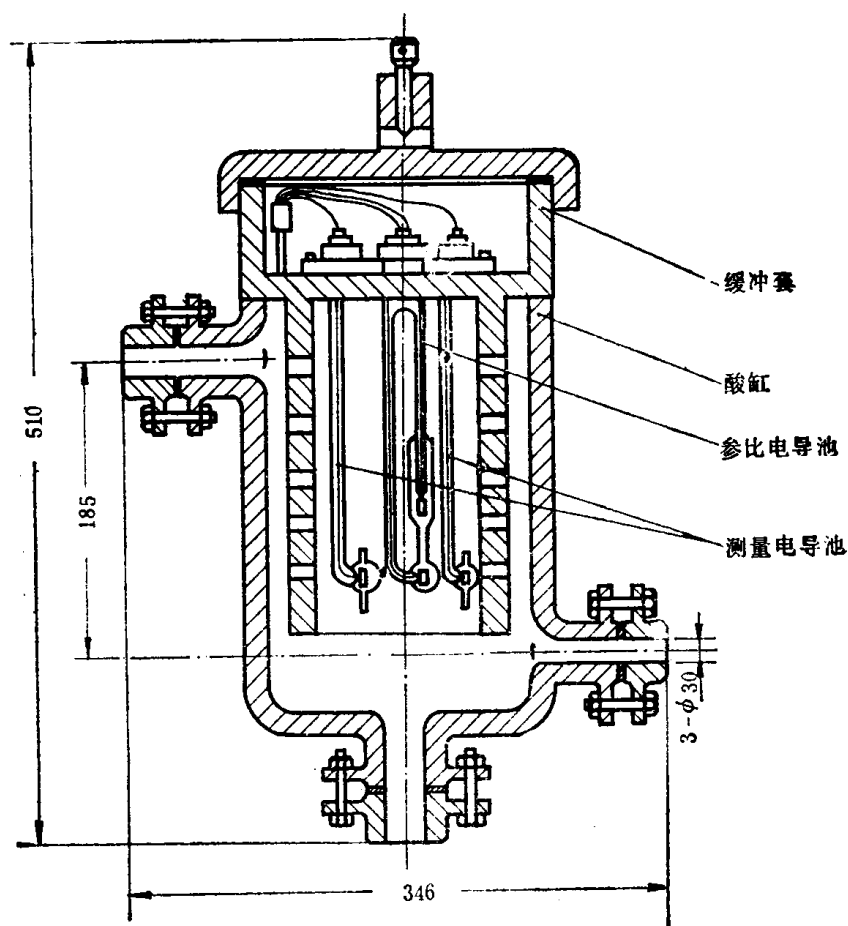


图 2-3 发信器结构