

土壤肥料分析

广东农林学院土化系

土壤肥料分析编写组编

1974年7月

前 言

经过伟大的无产阶级文化大革命，广大革命师生认真学习毛主席有关教育革命的一系列指示，走“五·七”道路和接受工人、贫下中农的再教育，参加三大革命实践，同时作了有关方面的社会调查，认识到旧的土壤农化分析课程过去在刘少奇反革命修正主义教育路线的影响下，使这门课程脱离生产实践，纯粹以培养学生掌握分析技术，不能解决生产上有关土壤肥料方面存在的问题。教材内容也较强调土壤分析和农业化学分析的系统性，因而使教材内容背离了毛主席“学制要缩短，教材设置要精简”的教导，使教材内容篇幅极多，例如在土壤分析中矿物系统分析就占总学时的五分之一。在分析方法的选用上，大多数强调所谓经典的方法，极少或不敢选用田间快速分析方法。在仪器设备上，有追求高、精、尖的倾向，轻视简易设备。这样使某些基层生产单位由于方法烦琐和设备条件所局限，不能自行分析。为此我们在这次编写教材时，贯彻毛主席自力更生和勤俭办一切事业的精神，尽量考虑到目前各基层的条件，因此在编写过程中分析原理，重点介绍操作步骤尽量写得详尽易懂，使工农兵学员能够看得懂外，在队、公社以及大队的科学实验小组亦能够自行建立化验室、进行必要的土壤肥料分析工作。

一、本课程的内容。

几年来通过教育革命的实践，并在毛主席“教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。”的指引下，对过去旧的土壤农化分析教材内容开展了革命大批判，并根据土壤肥料专业的培养目标的具体要求，将原有土壤农化分析（包括土壤矿物分析，土壤物理分析、肥料分析和植物分析等几大部分）改为土壤肥料化学分析。以土壤养分、常用肥料成分和水田有毒害物质为本课程主要内容。在培养学员掌握分析技术的过程中，同时重视室内分析与大田相结合，使分析设备能够尽

量结合到生产中去。在分析方法的选用上，尽量考虑目前县、公社一级的设备条件，同时有重点的选择一些项目供学员分析。使学员能够对每一种技术操作不仅能够掌握自如，更重要的能够举一反三。为了使学员修完这门课程后，能够比较全面掌握一般土壤肥料方面的分析方法，所以将某些常用或简易快速方法也一併介绍。为了巩固学员分析化学基础，在教材内容中编进一般分析工作通论，便于学员进行土壤肥料分析时参阅。

二、本课程的性质与任务

土壤肥料化学分析是土壤学和肥料学两门课程的一个组成部分，同时又是两门课程的继续。在低产田的改良和提高耕地土壤肥力以及研究垦荒扩大耕地面积和合理利用土地及肥料资源等方面起着重要作用。经过无产阶级文化大革命和当前全国掀起“农业学大寨”的群众运动高潮中，县、社、队等基层单位纷纷成立科学研究机构，这样土壤肥料分析工作在生产上和科学研究中的作用也越来越明确了。

这门课程的任务是使学员通过学习本课程后，能够掌握研究生产上土壤肥料问题的方法和技术，也就是利用化学分析方法去了解土壤养分存在状态，有毒物质、肥料成分和肥料资源的发掘等，使我们能更好地了解自然，利用自然，改造自然。

三、本课程的基本要求

本课程是训练学生掌握研究土壤和肥料问题的方法和技术，实验时数值比重较大。其基础理论主要涉及无机分析化学和土壤肥料中有关的知识，因而要求学员应用过去学过的知识来理解每一分析项目的分析原理，分析过程中的化学变化，误差来源，干扰物的存在和消除，分析数据的处理和应用等。

在实验室工作的要求：

毛主席教导我们：“要过细地做工作。要过细，粗枝大叶不行，粗枝大叶往往搞错。”我们在实验室进行土壤肥料分析工作时，每一个操作环节都应该认真对待，严格要求，没有达到准确结果的应该要求重做。为此在实验课方面要求学员做到

下面几点。

一、要求同学实验前基本弄清分析原理基础上，做好实验工作计划安排，特别对于那些一个单元不能完成的实验或在同一时间内并进的实验，其计划更应周密，以便集中时间进行。例如在过滤、蒸发、加热等的时，可以穿插进行其它项目的分析。

二、要求每个学员都具有一本实验室记录本，这本记录本应保存和记载在实验室内实验过程中记录某些现象和数据。记录本一般记录下列几方面的内容：

1. 土壤肥料样本来源、采样日期、样本性质和数量；
2. 常用某些仪器的重量，例如砝码重，称瓶重量；
3. 每个分析方法准备时，可以简单摘录于记录本，以便比较顺利进行操作。分析过程所有数据，如样本量、滴定数据及仪器校准等数据均应记录在本子上。
4. 分析结果的计算，重复测定结果之间的误差；
5. 各种试剂配制的浓度及其计算过程和配制步骤等。

以上各项记录均是这门课程中极为重要部分，可用简短文字或表格式表示，以有帮助实验课为出发点。这个实验记录本都是记载实验工作的原始材料，因而要求上实验课时一定要携带，及时记录，以便有问题和产生错误结果时可以查阅。

目 录

前言:	前 1
一、本课程的内容	前 1
二、本课程的性质与任务	前 2
三、本课程的基本要求	前 2
第一部分: 分析工作通论	1
第一章: 实验室基本操作	1
第一节 实验室基本仪器的使用	1
第二节 水的净化及提纯	3
第三节 天平的使用	14
第四节 量器的校准	20
第五节 几种基本分析技术	24
第六节 比色测定技术	26
第二章: 溶液浓度计称和配制	33
第一节 容量分析溶液浓度的表示和计算	33
第二节 酸碱指示剂的选择	39
第三节 标准溶液的制备	41
第三章: 化学试剂的选用和化验室安全问题	47
第一节 化学试剂的选用	47
第二节 化验室的安全预防问题	50
第二部分: 土壤肥料分析	54
第一章: 土壤肥料分析样品的采集和制备	54
第一节 土壤肥料样品采集和制备的意义	54
第二节 土壤肥料样品的采集	54
第三节 土壤肥料分析样品的制备	57
第二章 土壤肥料的水分测定	60
第一节 土壤水分测定的意义	60
第二节 土壤水分的测定	61
第三节 土壤水分速测法	63

第四节	肥料水分的测定意义	65
第五节	肥料水分的测定	65
第三章	土壤 PH 值的测定(酸碱性)	68
第一节	测定土壤酸碱度的意义	68
第二节	土壤酸度的测定	69
1.	滴定法测定土壤 PH 值	69
2.	电位法测定土壤 PH 值	77
第三节	土壤交换性酸、交换性铝及 水解性酸的测定	79
第四章	土壤有机质的测定	82
第一节	土壤有机质的测定意义	82
第二节	土壤有机质分析方法—— 几种方法简介	83
第三节	土壤有机质的测定——丘林法	84
第五章	土壤中全氮和水解性氮的测定	89
第一节	土壤中全氮含量测定的意义	89
第二节	土壤全氮的测定	90
第三节	土壤中水解性氮测定的意义	97
第四节	土壤中水解性氮的测定(丘林法)	98
第五节	开氏定氮法的改良——Conway's 扩散法(半微量)	100
第六章	土壤中有效养分的判定——硝酸态 和亚态氮	101
第一节	土壤硝酸态氮的测定意义	101
第二节	土壤中硝酸态氮的测定(酚二磺酸法)	102
第三节	土壤亚态氮的测定意义	104
第四节	土壤中亚态氮的测定	104
第七章	有机肥料全氮量的测定(堆肥、沤肥、 泥炭、鸟粪、家禽人畜尿及海肥等)	107
第一节	有机肥料全氮量测定的意义	107
第二节	有机肥料全氮含量的测定	107
第三节	尿及粪汁中的速测法	110

第八章	有机肥料中氨态氮的测定	112
第一节	有机肥料中氨态氮的测定意义	112
第二节	有机肥料氨态氮的测定	112
第九章	无机肥料含氮量的测定	113
第一节	无机肥料氨态氮、硝态氮的测定意义	113
第二节	无机肥料氨态氮的测定	113
第三节	无机肥料硝态氮的测定	117
第十章	土壤全磷的测定	120
第一节	土壤中全磷的测定意义	120
第二节	土壤中全磷的测定	121
I	全磷分析分解土壤方法比较	121
II	分解液中含磷量分析方法比较	122
III	钼锑容量法测定土壤全磷(硫酸—过氧 酸消煮钼锑容量法测定磷的含量)	123
IV	酸溶比色法测定土壤全磷(硫酸—过氧 酸消煮钼锑容量法测定磷的含量)	127
第十一章	土壤速效磷的测定	133
第一节	土壤速效磷的测定意义	133
第二节	土壤速效磷的浸提液	133
第三节	土壤速效磷的测定	134
第十二章	肥料中全磷的测定	138
第一节	有机肥料中全磷测定意义	138
第二节	有机肥料中全磷的测定	138
第三节	矿物质肥料中全磷的测定	142
第四节	肥料中有效磷的测定	145
第十三章	土壤中全钾含量的测定	146
第一节	土壤全钾测定的意义	146
第二节	土壤中全钾含量的测定	147
I	分解方法以制备溶液	147
II	钾含量的测定方法	151
第十四章	土壤有效钾含量的测定	161
第一节	土壤有效钾测定的意义	161

第二章	土壤有效钾的测定	161
第十五章	钾肥的测定	163
第一节	钾肥测定的意义	163
第二节	钾肥的分析方法	164
第十六章	土壤中可溶盐的测定	167
第一节	土壤中可溶盐测定的意义	167
第二节	土壤中可溶盐的测定	168
第十七章	土壤中还原性物质的测定	172
第一节	土壤中还原性物质测定的意义	172
第二节	土壤还原性物质的测定	172
第十八章	土壤有效养分、盐分及有毒物质 速测法	175
第一节	土壤有效养分、盐分毒物速测的目的	175
第二节	土壤速效养分(氮、磷、钾)有机质 速测法	176
第三节	土壤盐分(氯化物)简易速测法	182
第四节	土壤中有毒物质(硫化氢、硫化物、 低铁)的测定	183
附录:		
(一)	土壤肥料化验室仪器及药品	185
(二)	常用元素原子量表	191
(三)	普通酸碱试剂的浓度及比重表	192
(四)	几种主要试剂当量值	193
(五)	标准筛孔对照表	194

第一部分 分析工作通论

第一章 实验室基本操作

第一节 实验室基本仪器的使用

实验室的仪器设备比较多，这里只能重点介绍一些土壤肥料化学分析时常用的仪器。

一、酒精灯及酒精喷灯的使用

在没有煤气和电的条件下，实验室所用加热的设备就是酒精灯或炭炉。在需要高温时则用酒精喷灯。（图1-1）

酒精是易挥发的，不用时盖好。燃点时候切勿加酒精，以免引起火灾。不用时把酒精灯的盖盖上，火即熄灭。切勿用口吹灭火焰。

使用酒精喷灯时，关闭酒精灯筒下的开关（2），在筒内加入酒精并旋紧筒盖，然后把筒挂在高处。

打开开关（2）使胶管充满酒精后关闭。在喷灯下凹处（3）加入酒精，点火燃烧，待酒精燃烧将完毕时，拧开喷灯细旋（4）然后再调节开关（2）让酒精好好地由圆筒（1）流下。不用时，先将开关（2）关紧，然后再关上细旋（4），灯即熄灭。使用时按上述步骤进行是很重要的，不然容易引起爆炸，应特别注意。在灯旁边备湿布，以防酒精燃着时做灭火之用。

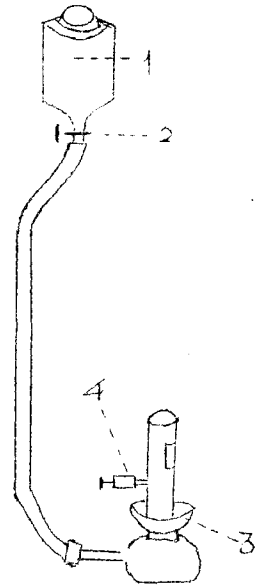


图1-1

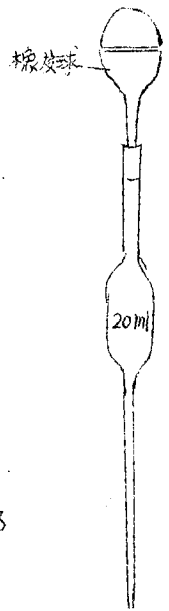


图1-2

二、器皿的洗涤

分析之前，必须准备好必要的器皿。器皿的清洁对定量分析具有极大的意义。如在器皿上粘有油脂时，反应所析出的沉淀能附在油脂上，因此很难将它们移入过滤皿中。若用来准确量度体积的器皿如容量瓶、滴定管、吸管等粘有油脂，害处尤大，影响量度体积的准确度。

器皿在每次用完后，应立即洗滌干净，这是很重要的，这样就使到以后的洗滌容易，也使器皿易洗滌干净。

1. 玻璃器皿洗滌方法：

一般洗滌处理：

首先，把水注入欲洗的器皿中，然后用每种器皿特有的毛刷用力刷器皿的内外部，再用肥皂溶液或苏打溶液代替水重作这个操作，再后用水多次的冲洗。

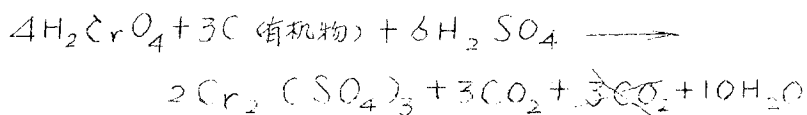
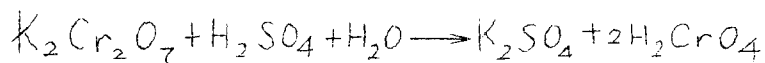
用重铬酸钾洗液处理：

如果用上述方法不能洗净的器皿，应用重铬酸钾的硫酸洗液处理。

洗液的配制：粗略称重铬酸钾 ($K_2Cr_2O_7$) 或重铬酸的5克，溶于10毫升热水中，冷却后在不断的搅拌下，小心地加入浓硫酸90毫升，（注意，凡配制硫酸溶液时，必须使浓硫酸注入水溶液而且要快，以免因发热而发生危险）。

这种洗液是很强的氧化剂，能很好地除去各种脏的东西。用少量洗液润湿器皿所有的内壁片刻，将它倒回原来贮存洗液的皿中，把洗液灌入吸管时应用橡皮球（图1-2），切勿用口吸。

洗液可反复使用，至结晶体耗尽后其效用渐减低。其作用如下：



洗液经长期洗用后，溶液从桔红色变成暗绿色，这就是洗液失去氧化能力的标志，这时应重新配制。洗滌时将洗液倒出

以后，待皿静置片刻，然后用少量清水冲洗，第一次冲洗的较浓的黄色溶液，仍有腐蚀性，不可倒入水槽内，以防腐蚀铁管，应倒入废液盆中，然后仅皿用大量水冲洗干净。最后用蒸馏水少量多次冲洗，一般冲洗三次即可。

用肥皂水或酒精性碱液处理：

如皿上有油脂时，可用浓碱液（30~40%）处理或用酒精碱液处理。

酒精碱液的制法：是用普通酒精加在同样重量的30%的碱液中。用酒精碱液处理过的皿，用热水洗净，然后再用蒸馏水洗。

用硫酸亚铁的酸性溶液或草酸及盐酸处理：

这些溶液是供清除用高锰酸钾之后复盖于滴定管和其他的玻璃皿上的棕色的 MnO_2 （二氧化锰）菌层之用的。

三、在器皿上写上号码

磁质器皿用加有结晶的氯化高铁少许的普通蓝墨水或氯化高铁溶液来写，然后在喷灯或电炉中烧灼至呈红色即可。一般玻璃皿可以用铅笔写在磨砂的地方，如皿无磨砂地方可以用特种蜡笔（写字在玻璃上）来编号码。

四、土壤肥料分析时常用仪器的使用

1. 称量瓶：

称量瓶是称量物品的玻璃器皿，它有磨口的玻璃塞（图1-3）可防止吸湿，使称量准确，在使用称量瓶时，不要用手直接接触它，而应用纸条缠住瓶身，用手指执着纸条的两端把瓶拿着，这样能减少因与手接触所产生的湿度及沾污的误差。

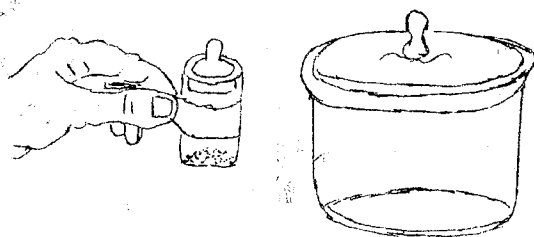


图1-3 称量瓶拿取方法

2. 洗瓶：

洗瓶通常用 500 毫升平底烧瓶做成，(图 1-4A) 通到瓶底的玻璃管要在上部弯成 $60\sim 70^\circ$ 角。用橡皮管与喷咀相连接。使用时用右手的姆指、无名指及小指按住瓶颈部位，用食指和中指来操纵洗瓶的喷咀。

洗瓶最好利用一些塑料药瓶，如双氧水的塑料瓶自行改装成洗瓶(图 1-4b) 通到瓶底的玻璃管要在上部弯成 90° 角，且管口拉成喷咀形。用时，用右手抓住瓶身便可。这种洗瓶使用方便。

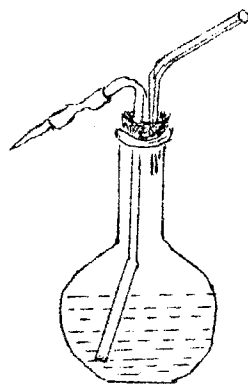


图 1-4A 洗瓶

3. 干燥器

为了使称量的结果正确，免受湿度的影响，同时使被称物质的温度接近天平室温度，免受温度的影响，通常把被称物质放在干燥器内冷却。(图 1-5)。



图 1-4b

任何器皿，无论是已在烘箱中烘干的干燥称瓶或是用火烧灼过的坩锅，称量前都要放在干燥器内，并置于天平室内冷却到天平室内温度方能称重。(注意，不可将灼热的物体放入干燥器内)

干燥器多用玻璃制成，下部铺上 $2\sim 4$ 公分干燥剂，上加有大小不同的孔洞砾板，以放置坩锅或称瓶。

干燥剂，常用的有烘焙过的无水氯化钙；硅胶(最好用有色的，吸湿时内红色，干燥时白色)；也有用浓硫酸，但不常用，因浓硫酸有挥发性，易被吸附在沉淀和坩锅表面上。任何干燥剂应经常检查，及时更换。



图 1-5

干燥器只有在密封的状态下才能有良好作用。因此，干燥器的磨口须经常

干燥器磨口密封方法

涂抹凡士林滑滴剂。移动干燥皿时必须注意防止盖子滑落地上。打开干燥皿时应将它的盖向旁边移动推开。同时在盖干燥皿时，应将它的盖子从侧面平推过来盖上。见(图1-5)

4. 量瓶

量瓶是制备一定浓度溶液时必须使用的器皿，瓶颈上刻有标线(图1-6)，把液体装满至溶液弯月面与标线相切。量瓶也用来把一定的物质稀释到一定浓度的体积。分析上称为定容。

5. 滴定管

滴定管是一长形刻度均匀的玻璃管，上面刻有刻度线。刻度用来指示滴出液体的体积毫升数常量。滴定管通常划分成25或50毫升。

滴定管分两种，玻璃滴定管和碱滴定管。

(图1-7(1)(2))。

玻璃滴定管供酸及中性溶液使用。碱性滴定管供碱性溶液使用。碱滴定管节门小玻璃珠嵌在橡皮管中使用时，用手捏紧小珠侧部(图1-7(2B))溶液通过空隙自滴定管中而出。

半微量滴定管

它的容量2~10毫升，一种样子与普通滴定管一样，另一种附有安全漏斗，如(图1-7(3))。

用法：使用前必须洗擦干净，将玻塞擦干，在塞的两端涂上凡士林少许，插入塞孔中，徐徐转动，使凡士林均匀布于塞上，

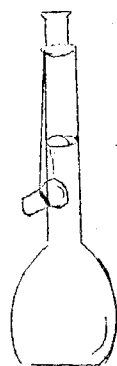
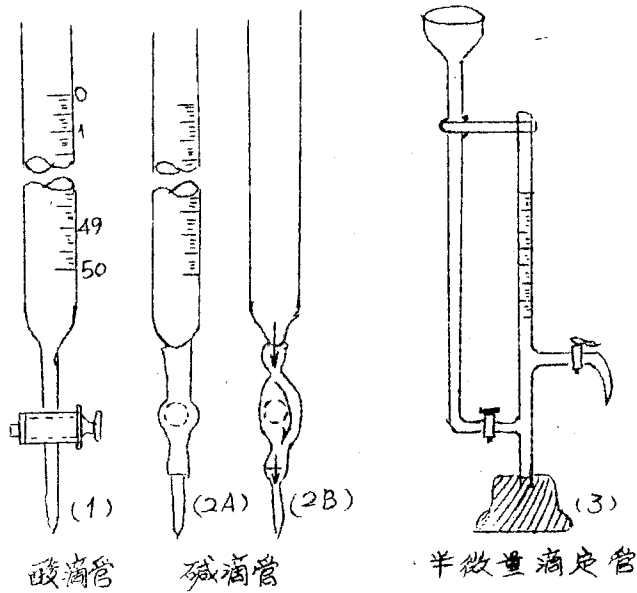


图1-6
量瓶



酸滴定管

碱滴定管

半微量滴定管

图1-7

以防漏水。在盛放溶液前应先用少量溶液冲洗滴定管 2~3 次以除去管下的水分。然后加入溶液高于刻度零处，滴定前应注意除去管内的气泡。不用时滴定管必须洗净，然后用水装满，用洁净小烧杯或试管盖着管口，以防尘埃落入。

滴定管读数时，眼睛应尽量与液面的弧形相平。液体在管中常有向下弯曲的弯月，读数应以弧下为准如（图 1-8），若遇有色溶液，如高锰酸钾 $KMnO_4$ 溶液则以弧上为准。

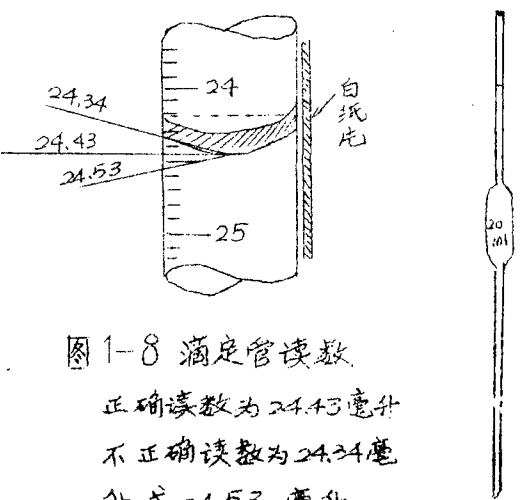


图 1-8 滴定管读数

正确读数为 24.43 毫升
 不正确读数为 24.34 毫升或 24.53 毫升

图 1-9

吸管

滴定管的刻度相当毫升和十分之一毫升。读数必须读到小数后的第二位数。

6. 吸管

(1) 球形吸管 —— 它

是细长而中部膨大的玻璃管。

在上方颈部有一环形标线。

这种吸管只有一条标线（图 1-9），因此亦称单标吸管。

(2) 刻度吸管 —— 这种吸管似滴定管，具有与滴定管相同的刻度。

用法：吸管洗擦干净后，还要用该溶液洗擦 2~3 次。使用时，用大拇指和中指拿住吸管上部，并将吸管深深地插入液体中，然后将液体吸入，使吸管内的液体上升到比标线稍高，达到这种状态后，用食指迅速捏紧吸管上口。微微举起食指，使液体逐滴流下至弯月面的下边与标线相切为止，这时，可将吸管移入已准备好的皿中，举起食指，使溶液顺口壁流下，待全部流尽后等 15 秒钟取出，残留在吸管中的最后一滴液体不要用口吹出。

有毒的液体及浓硫酸 H_2SO_4 ，盐酸 HCl ，硝酸 HNO_3 等则不能用口吸，必须用装有橡皮球的吸管或用抽气设备吸取。

7. 过筛口（连抽滤装置图 1-10）

古氏坩埚是一个瓷制的坩埚。其底部有许多小孔，并附有一多孔的小碟板，用时，在底部及小碟板上都放上一层酸洗石棉，（市面上有出售）形成一緻密苜层，用以过滤沉淀。

做法：把洗净的古氏坩埚放置在抽滤装置上，将酸洗石棉放入盛有少量蒸馏水的玻璃瓶或烧杯中，用玻棒搅拌均匀，然后小心倒入古氏坩埚底部进行抽滤，底部苜层不宜太厚，应为0.5~1.0厘米，注意检查，防止漏洞，这时可将坩埚底部向阳光处照射，用眼观察苜层，达到均匀又能透光为准。否则，重做此操作，然后小心地把小碟板放入底部照上操作，加入小量的石棉，使形成一均匀的苜层，用以过滤沉淀。

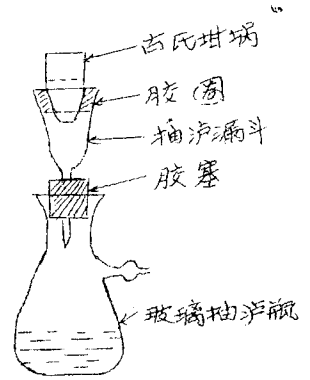


图 1-10 抽滤装置

玻璃坩埚是带微孔玻璃底的，由硬质玻璃制成，根据微孔的大小，用不同的号码来标明。1号坩埚的洞大约100~120微米（即0.1~0.12毫米）是为粗粒沉淀用的；2号；40~50微米（即0.04~0.05毫米）；3号；20~25微米（即0.02~0.025毫米）用于氯化银AgCl一类的沉淀；4号；5~10微米（即0.005~0.01毫米）是过滤极细沉淀用的。玻璃坩埚对酸的抗蚀力甚强，在大气中吸水性小，但对碱的抗蚀力弱。

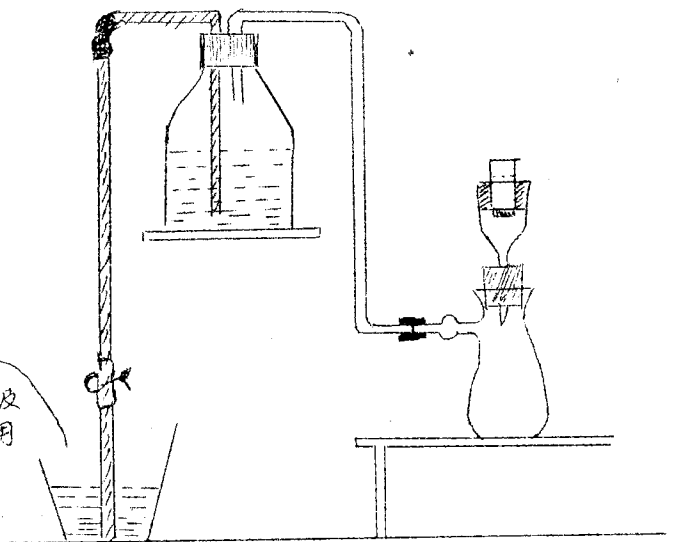


图 1-11 没有自来水设备时的真空装置

8. 玛瑙研钵

玛瑙研钵质硬而脆，耐磨不耐击，故使用时只能用力磨研，不能撞击，以免裂损。

第二节 水的净化及提纯

一 水源的选择与处理

用于制取纯水的水源不外乎河水、井水、塘水、泉水及自来水等几种，在有条件的地区，以自来水较为理想。但是，在没有自来水的农村和山区，必须解决如何以井水、河水、塘水等来制备纯水的问题。一般来说，地下水（井水）较为好些，但含矿质较多；地表水（河水、塘水等）除含矿物质外，尚含有大量的有机杂质（付甙质、微生物），污染程度较大。由于水源程度不同，所含杂质的量是有差别的。总的来说，一般需经处理后才能制备实验室用的纯水。水的处理，有物理和化学两种方法。

1. 物理方法：

采用过滤的方法以除去水中的泥、砂及部分有机质等杂质，此法可用过滤网或砂炭层过滤等方法进行。

(1) 过滤器系装有砂滤棒的封闭过滤容器。过滤器所用的砂滤棒（又名砂芯）系采用细微颗粒状的原料——硅藻土等在高温熔制下成为半熔固结的过滤器材，具有多孔性，有澄清阻菌作用。

(2) 砂炭过滤法：

这种方法可以解决水源不洁问题。此法用的砂子与木炭要经过处理。处理砂子的方法是：取细砂及复用水洗，至洗出液为无色、澄者为止。处理木炭的方法是：取木炭研碎，除去粗粒和细粉，将中等炭粒放在脸盆中，用1%盐酸煮沸半小时，然后用水洗至酸碱度与常水一样为止。

经上述处理的砂炭，要按一定顺序装入过滤器，先将粗砂装入过滤器底层，后加细砂至过滤器 $\frac{1}{3}$ 左右，再将砂层、炭层依次

交替填充，应注意每层要平整，以免砂、炭混合，最上层要填加粗砂，即可将水通过此过滤器，以除去泥、砂、铁锈及部分有机物质。

2. 化学方法

在水中加入一种或几种能使水中杂质（包括溶解和不溶解），氧化还原，络合、沉淀、凝聚的化学药品，用以降低水中杂质的含量，改变水中的PH值，破坏或改变水中杂质的组合，从而达到纯化水的目的。例如，加入可溶性碳酸盐可以降低水中的硬度，加入液氯或氯气，可以破坏有机物和杀死菌类，加入凝聚剂（如明矾、有机凝聚剂）可以加速澄清作用。

二、蒸馏法制取纯水

蒸馏法制取纯水是实验室常用的方法，是根据水与杂质不同沸点来纯化水的。蒸馏水的蒸馏器是多种多样的。为了减少环境污染和热量损失，最近多采用蒸馏器内电阻加热代替外部电炉、煤炉加热。实验室用蒸馏器一般是用铜或玻璃制造的。

为了提高蒸馏水的纯度，可以增加蒸馏次数，降低蒸馏速度或采用高纯材料（如石英）蒸馏器，同时还要勤清洗蒸馏器。

蒸馏法制取纯水的优点是操作简单，可以除去非离子杂质和离子杂质。但是由于蒸馏水的成本高、产量小，比电阻低，因此被逐渐发展起来的离子交换法所取代。

三、离子交换法制取纯水

离子交换法不仅能够用自来水制得纯水，而且可以利用经适当处理过的井水、池塘水或河水制得纯水。这种制备方法，设备简单，无需电力及燃料等而且操作简便，适合一般实验室，特别是县一级以及公社实验室更是适用。

（一）交换原理

离子交换树脂是一种合成的不溶解物质，是高分子的多元酸或多元碱，它不溶于酸碱和有机溶剂，含有很大的极性交换基团，能将本身的离子与溶液中的离子互相交换。进行阳离子交换的叫阳离子交换树脂，进行阴离子交换的，叫阴离子