

高等学校教学参考书
北京师范大学
化学系
化学工程教研室 编

化学
——
工程基础
——
课堂演示
——
实验

高等学校教学参考书

化学工程基础 课堂演示实验

北京师范大学化学系 化学工程教研室 编

高等教育出版社

本书是在总结多年教学经验,特别是实验教学经验的基础上,经过广泛的调查研究而编写设计的。书中除叙述了课堂演示实验的一般性问题之外,共选编了十五个有代表性的演示实验项目。内容包括流体力学,离心泵的性能,固定床与流化床,非均相物系的分离,热传递现象,填料塔,板式塔和反应器等。

本书可供大专院校化学、化工系教师及学生教学使用,亦可供其他从事化工工作的人员参考。

高等学校教学参考书

化学工程基础课堂演示实验

北京师范大学化学系 化学工程教研室 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

上海商务印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 6 字数 141,000

1986年10月第1版 1986年10月第1次印刷

印数 00,001—3,700

书号 13010·01206 定价 1.25 元

序

化学工程学是一门基础工程学科。它虽发源于近代化学工业，但经与各种科学理论和先进技术相结合，业已形成了独具一格的科学体系。近来，化学工程学虽日趋数学化与理论化，但它仍是一门切合实际又饶有兴趣的学科。可是，对于缺乏实际知识的青年学生来说，初次接触这门课程时，往往反而觉得该课程比数理基础课程还难以捉摸，尤其是理科学生更觉困惑。我们觉得在进行化学工程启蒙教学时，不仅需要按学科自身的逻辑进行严谨的数理演绎，还需要运用一些生动直观的教学手段，为初学者铺平入门之路。为此，我们研究创作了十余套课堂演示实验，并编纂成书，供教师们参考。

本书基本上是按我国现行的高校理科化学工程基础教学大纲所规定的教学内容和要求进行选材的。书中所列各项实验，虽在我们的教学过程中经过多次实践，但由于这类书籍至今尚付阙如，只能在我们能力和水平所及的条件下进行揣摩，难免有些粗陋和欠缺。现将这本尝试之作奉献给同行们，谨请大家批评指正。我们更为诚挚地期待着，教学研究工作的将呈现出更多更好的成果。

本书对每一演示实验按目的要求、实验装置和演示示例三部分加以叙述。其中“演示示例”一栏只是列举数例以说明装置的部分功能，并非包括全部演示内容及其演示方程式，故标以“示例”二字。显然，课堂演示的内容和教学过程的组织，需由任课教师视具体情况而定，不能有也不应有固定不变的模式。依我们的看法，教学工作不仅是一门科学，更是一种艺术。

今日能将课堂演示实验汇集成书，是积数年摸索与实践之经验，集众人之智慧，得多方之支持与帮助的结果。全书由王定锦、田梦庐主编，先后参加过研制与有关工作的同志有：王绪茂、于润湖、胡树永、冯瑞琴、张改莲和刘金珩等。

1982年12月在全国高校理科化学教材编审委员会《化学工程基础》临时编审小组组长吴迪胜主持下，有二十余所院校近三十位教师参加了对该书稿的审核，后又约请了六十余所院校近百位教师参加讨论，大家热忱地提出了各种宝贵的意见和建议，在此，我们深表谢意。尤其要感谢武汉大学曹正修和谈介义两位老师，他们曾对书稿和图稿进行了仔细的推敲和修饰，使本书增色不少。

参加审稿会的单位有：北京大学、清华大学、北京化工学院、北京工业大学、北京师范学院、南开大学、复旦大学、华东师范大学、上海师范学院、东北师范大学、吉林大学、河北师范大学、四川大学、西南师范学院、中山大学、华南师范大学、武汉大学、华中师范学院、兰州大学、陕西师范大学等。参加讨论会的单位恕不一一列出。

编 者

目 录

课堂演示实验的一般性问题	1
流体的压强及其测量	15
流体流动现象	24
流动流体的机械能分布及其转换	35
管路的流体阻力	48
离心泵的性能	61
固定床与流化床	75
非均相物系的机械分离	89
气相非均一物系的电净制	101
热能传递现象	111
热边界层	121
自然对流传热现象	128
填料塔	137
板式塔	150
连续流动管式反应器	162
连续流动搅拌釜式反应器	172

课堂演示实验的一般性问题

一、课堂演示实验的作用和地位

课堂教学是人类认识活动的一种特殊形式。在课堂上,文字和语言是教师对学生传递知识和开发学生智力普遍采用的手段。为了提高课堂教学的效率往往还要采用一些诸如直观教具、教学模型、挂图与幻灯片、电视与电影之类的其他教学手段。在科技教学中,还普遍采用一种符合认识规律,因而行之有效的教学手段,这就是课堂演示实验。

在课堂上,根据教学内容配合生动形象的实验演示,通过视听结合的方式,增强学生对所学内容的实感性,启发学生思维的主动性和积极性,这对于提高知识的传递效率和促进学生智力水平的发展,都是十分有利的。

在化学课程中,课堂演示实验是大家所熟悉的常用教学手段。在化学工程课程中。这种教学手段的作用和地位,显得尤其重要。

1. 从认识过程的基本规律来认识。化学工程科学属于实验科学,其科学的理论、各种化工过程的机理和规律性方面的知识,主要来自实验,或者符合实验结果。例如雷诺试验、边界层流动试验、流态化试验、停留时间分布试验等等,都是化工过程原理的出发点和实验基础。

在课堂上,当教师用语言描述某种化工过程或实验现象的时候,学生必然会伴随着想象,在脑子里出现已有的或即时产生的表

象。如果这种想象遇到了障碍,或者想象的内容被歪曲了,则必然会降低传递知识的效率。这就是说人们的思维活动要求实感性(直观性)。在对理科高年级学生教授化学工程知识时,尽管他们已具有比较丰富的感性和理性知识,并有一定的想象力,但对于化工设备中进行的化工过程,还是第一次感知,往往难以想象出教师所描述的实际过程和现象,而使知识传递过程遇到障碍。演示实验不仅符合教学过程的直观性的要求,而且符合人们认识过程和思维过程的客观规律,因而也是消除这种障碍的最好办法。

当然,也不能片面强调教授每一个概念都必须符合实感性(直观性)原则,而忽视对学生抽象思维能力的培养。如果这样要求,就把教学过程的直观性原则庸俗化了。至于课堂教学的程序问题,是先从观察演示实验的现象入手,而后进行分析讨论,引出科学结论,还是先从定义、原理入手,而后观察演示实验的现象,加以印证,则应视学科的性质、教学内容、教学环境等具体条件的不同而不同。应该说,这两种课堂教学的程序都不违背人们认识过程的总的规律。

2. 从认识过程的心理基础来分析。人们是通过自己的感觉器官,来获得各种知识的。为了提高课堂教学的质量和效率,就应尽可能地让各种感觉器官参加感知过程。曾有人作过研究表明,人的各种感觉器官,对于知识的吸收比率各不相同,视觉占83%,听觉占11%,味觉占1%,触觉占3.5%。由于感知方式不同,记忆效果差别也很大。曾有人作过试验表明:对同一材料如果仅用听觉感知,则三小时后检查,只能记60%;仅仅通过视觉也只能记70%;如果视听兼用,则能记住92%。课堂演示实验正是为视听结合创造条件,因而有利于提高课堂教学的知识传递效率。

3. 从启发学生学习的主动性上考虑,课堂演示实验也有其积极作用。在课堂教学过程中,当学生的思维活动处于主动积极

状态时,教学的效率就会比较高些。学生学习的兴趣一旦被激发起来,就能主动地通过独立思考去攫取知识,而不是被动地接受灌输,因而所掌握的知识也会更牢固些。课堂演示实验正是以直观、生动的现象,辅之以启发性的讲解,来激发起学生探索问题的兴趣和求知欲的,因此能够有效地调动他们学习的主动性和积极性。

4. 课堂演示实验对开发学生的智力也具有一定的作用。现代科学技术的发展,是以知识增长速度快和更新周期短为重要标志的,这对教学工作提出了更高的要求。为了适应科学技术迅猛发展的势态,教学过程不能只单纯地去追求传授书本知识的数量,而是要在开发学生的智力,培养他们的实际能力上多下功夫。观察能力是人的智力的一个重要组成部分。有才干的人总是以惊人的观察力而著称于世。古往今来,不少著名科学家都是在精细的观察中,从一般人看来简单或常见不疑的现象中,获得重大发现的。课堂演示实验在有意识地引导学生通过感知培养观察力方面,必然也会发挥它的重要作用。

在当今电化教学盛兴的时代,课堂演示实验仍然是一种不可缺少的教学手段。其根本原因,是它具有较强的真实感。这种特性对于科学实验尤为重要。电化教学手段虽有很多优点,但银幕上显示的形象,毕竟与现实的事物或现象有差异,如果不与生活中已经熟悉的对象相比较,就难以感知事物的真实形象。因此,学生还要进一步开动脑筋,去再现银幕形象与真实事物或现象之间,那些缺少了的环节。课堂演示实验可以直接感知真实的形象,这正是它同电化教学手段相比,所具有的突出的特点之一。但实验装置或模拟试验设备与工业规模的化工设备相比毕竟有所不同,还需要实物教具、幻灯片、电视录像或电影等手段来补充。这正好说明,不可能存在一种在任何条件下都适用的,尽善尽美的教学手段和教学方法,而是要根据学科性质、教学内容和教学环境等具体条

件,选择采用,或者多种手段配合使用,以各展其长。

课堂演示实验与实验室教学实验,各有其不同的目的。如上所述,课堂演示实验是课堂教学的一种手段,旨在提高课堂教学的效率。实验室的实验教学则是教学过程的一个重要环节,或可作为一门独立开设的课程,其主要目的是让学生初步掌握一些有关化学工程的实验研究方法和实验技术,培养学生从事科学实验的实践能力。因此,两者对于实验装置的要求,以及实验的内容和方法都有所不同。对于理科学学生来讲,某些实验训练价值不大的项目,例如雷诺试验、流体阻力测定、流体机械能转换试验等这一类实验,作为课堂演示实验是必要的,而作为实验室教学实验的意义就不太大。对于既有作为演示实验的必要,又有实验训练价值的某些实验项目,在实验内容和方法上,应根据目的要求有所分工或有所侧重,而在实验装置上,应尽可能使两者在小型化的基础上结合起来。在设计时,尽量考虑到教学实验的需要,以提高实验设备的利用率。自然,课堂演示实验与实验室教学实验的目的要求不同,使所有装置都能通用也是不可能的。

二、课堂演示实验装置的基本要求

化学工程的课堂演示实验,能否达到提高课堂教学效率的目的,主要取决于两个方面:一方面决定于教师的主导作用;另一方面则决定于演示实验装置的性能。

课堂演示实验是一种很好的教学手段,这种手段的合理运用,则是一种教学艺术。如果运用得法,与教学内容配合紧密,视听结合得巧妙,就一定能发挥它应有的效能,否则就会事倍功半。

为了使演示实验能够紧密配合课堂教学,在实验装置方面至少要达到如下一些基本要求:

(1) 实验装置应尽量做到小型化和仪器化

要使实验装置能够在课堂上配合教学进行演示，其必要的前提是实验装置可机动灵活地搬入课堂，而且可以及时进行实验操作。对于化学工程实验来说，要做到这一点，首先就要求实验装置小型化。所谓小型化只是相对于一般的化学工程实验装置而言的。小型化装置既要考虑到可以灵活搬动，又要便于教室中众多学生的观察。因此，演示装置的大小，应该是能够进入课堂，并能在课堂讲台附近的有限空间内进行演示操作为度。其次是要求实验装置仪器化。所谓仪器化就是要将实验装置设计、装配成为一种可以搬动的整体结构，达到只要接通电源，就可供使用的程度。为此，演示装置最好采用闭合循环流程，试验物系在装置的系统内进行循环操作，否则就失去了演示装置的机动灵活性。

(2) 演示实验装置应尽力做到直观、生动、形象

进行课堂演示实验主要是为了增强知识的实感性（直观性）。演示的现象必须清晰可见，而且生动形象，这是不言而喻的。为此，演示装置和设备应尽可能地简单醒目，突出需要观察的部分，将其余部分尽量删去或者隐蔽起来，避免分散学生的注意力。装置中需要观察的部位。大都采用透明的玻璃和有机玻璃制作，使之便于观察。

(3) 演示实验装置应做到稳定、快速、准确、合乎科学

为了使演示实验能与课堂教学紧密配合，演示装置的性能要求稳定，获得实验现象要求快速而且准确。为此，往往要对实验设备或操作方法作某些必要的简化，并采用一些观察方便而且醒目的简易检测手段，代替精密的测试仪表。为了使实验现象生动形象，采取某些形象化措施，或增添些趣味性，这些都是必要的。但是，必须注意不要违背科学性，一定要注意培养学生严谨的科学态度，切忌将演示实验搞成魔术般的游戏。

(4) 演示装置必须消除噪声和其他污染

化学工程实验大都需要一定的动力设备，如水泵、鼓风机和压缩机等。演示实验小型化之后，这些设备所需功率虽不大，但其产生的噪声，也足以干扰课堂上教师讲解的声音。为了适应课堂上实现视听结合的需要，必须采取一些减少噪声的措施，使之不干扰教师的讲解声音为度。

此外，在试验物系的选择上，也要考虑到无臭无害的要求，一般都以选用空气和水作为试验物系为宜。

三、演示装置中的共用设备

根据课堂演示实验装置小型化和仪器化的要求，可以将每套装置按大致统一的规格，固定安装在仪表盘或实验架上，形成可以任意搬动的整体结构。当课堂教学需要时，可以临时将成套装置放置在可移动的共用实验台上。实验台装有共用的供给水源和气源的动力设备，并应采取相应的隔声措施。下面对本书采用的演

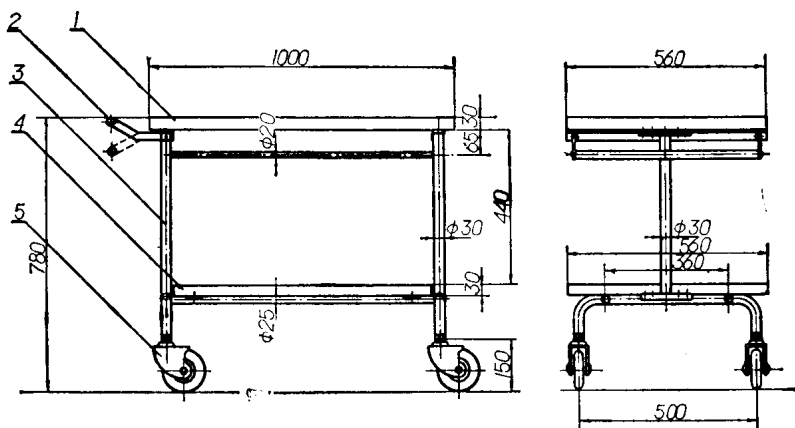


图1 I型移动式实验台

1. 木质台面；2. 手把；3. 钢管桌架 4. 木质底板；5. 万向滚轮

示实验台、动力设备和隔声设施,分别作些简要说明。

1. 移动式实验台

移动式实验台安装有万向滚轮,可以随意移动。根据教室的具体条件,台面尺寸设计为 $1\times 0.6\text{m}$ 。实验台分为两层,下层可安装各种动力设备。实验台高度为 0.8m 。实验台安放上演示装置

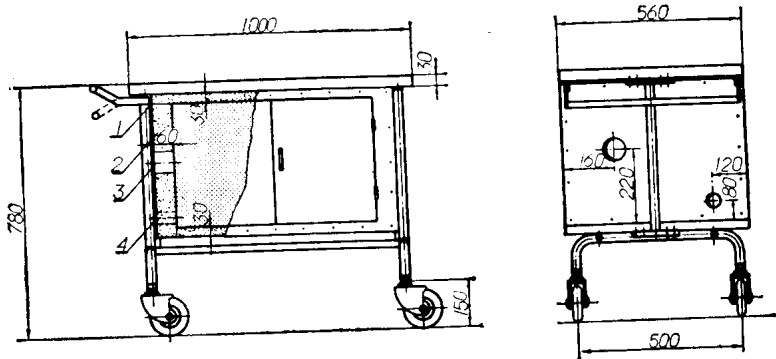


图2 I型移动式实验台(装有隔声柜)

1. 塑料面板; 2. 吸声层; 3. $\phi 100$ 管线出入孔; 4. $\phi 48$ 管线出入孔

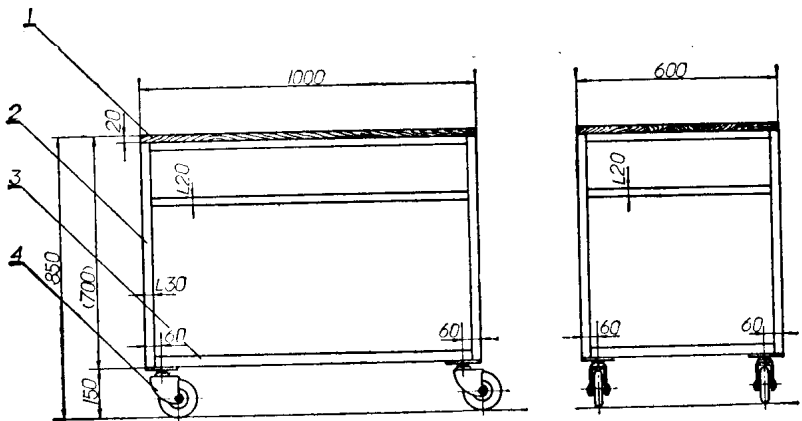


图3 II型移动式实验台

1. 木质台面; 2. 角钢桌架; 3. 木质底板; 4. 万向滚轮

之后，总高度必须低于门框高度。从学生便于观察这一角度来考虑，一般认为主要观察部位的高度以1.2—1.4m为宜。

移动式实验台的结构型式有两种设计，可供参考。图1所示为一种型式，它由钢管弯制而成，并采用木质台面。另一种型式如图3所示，它由角钢焊接而成，仍采用木质台面。当需要安装动力设备时，也可采用装配有隔声柜的实验台，如图2和图4所示(有关隔声柜的说明，详见隔声设施一节)。

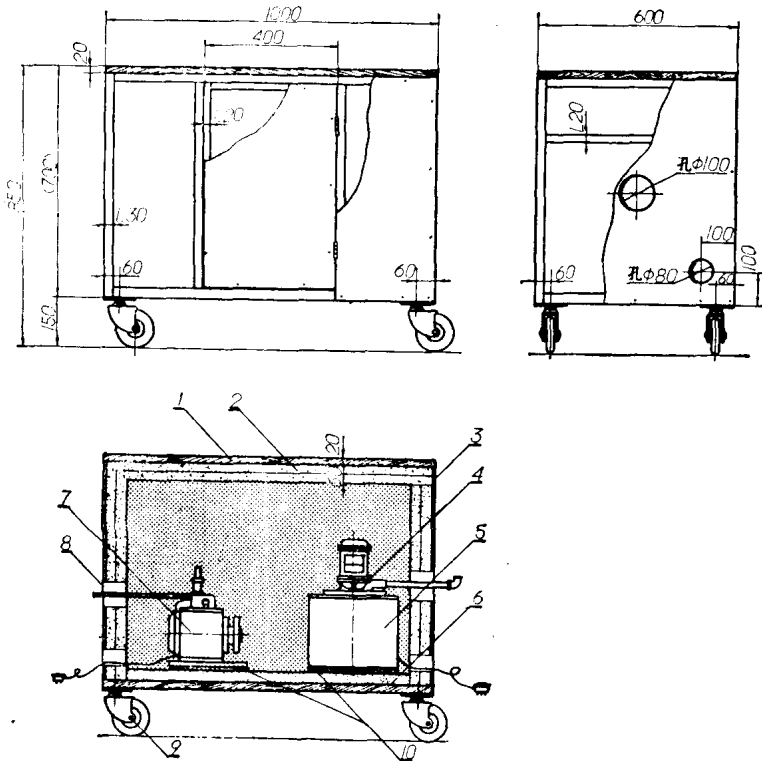


图4 II型移动式实验台(装有隔声柜)

1. 木质台面；2. 吸声层；3. 塑料面板；4. 循环水泵；5. 贮水槽；6. 木质底板；7. 空气压缩机；8. 管线出入孔；9. 万向滚轮；10. 减震垫

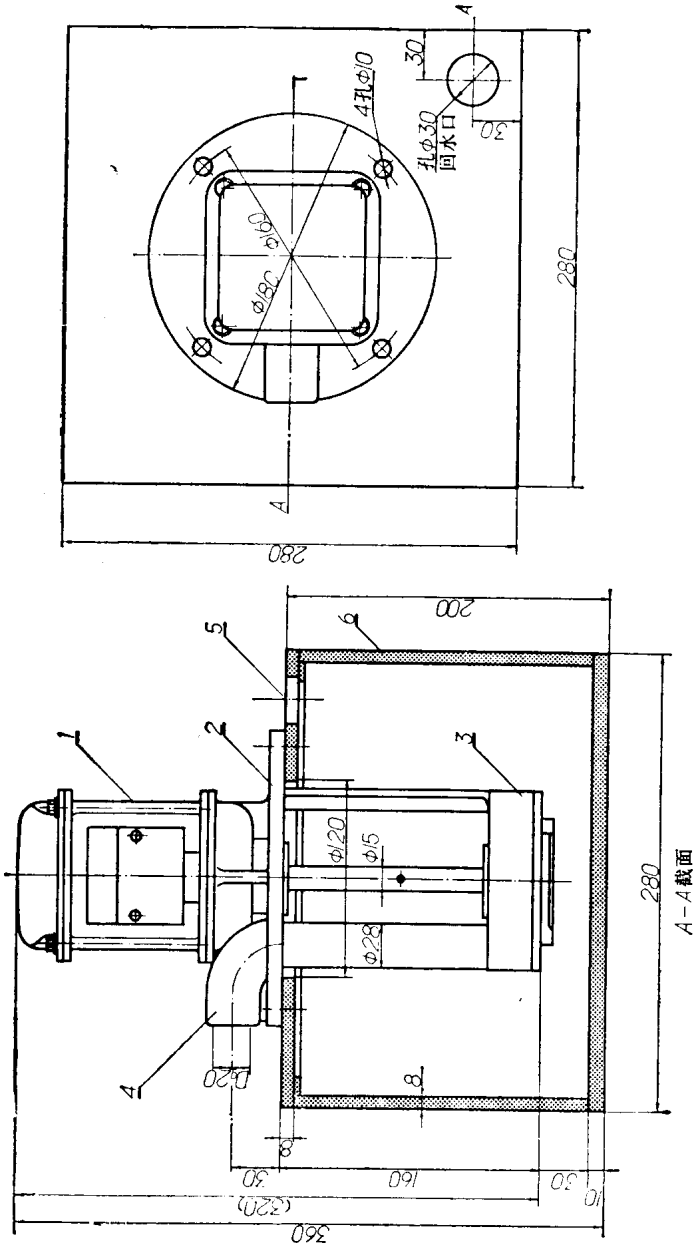


图 5 循环水泵与贮水槽

1. 电动机; 2. 泵座; 3. 泵体; 4. 泵出水口; 5. 回水入口; 6. 贮水槽

2. 通用动力设备

如上所述,课堂演示实验要求采用闭合循环流程,而试验物系又大都采用空气和水。因此,在移动式实验台的下层,安装有通用的供给空气和水的动力设备。实验台上放置好演示装置后,只要作简单的软管连接,即可构成循环系统。教室内只要有简单的电源,就可进行演示操作。

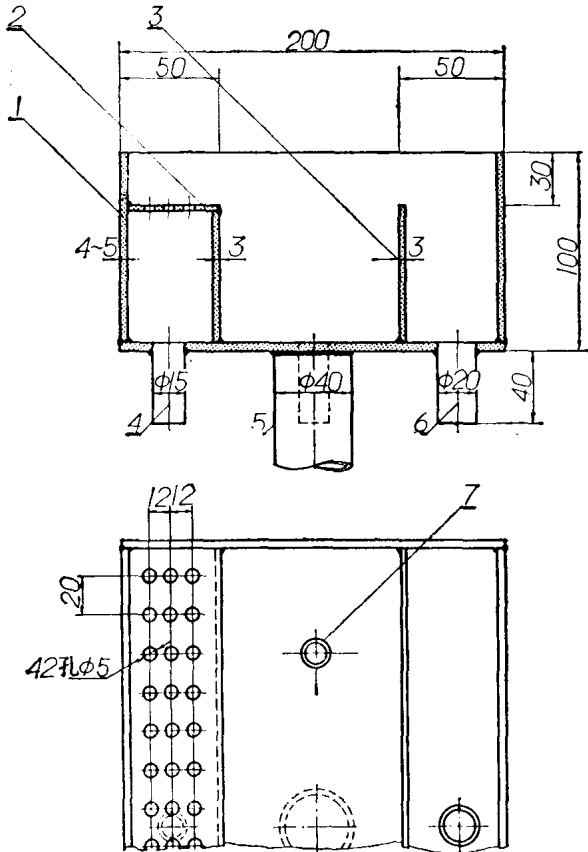


图6 高位稳压水槽

1. 槽体; 2. 稳流板; 3. 溢流堰; 4. 上水管;
5. 支撑管; 6. 溢流管; 7. 出水管

供演示用的气源设备,采用小型的压缩机和鼓风机。空气压缩机一般要求流量为 $3.6\text{m}^3/\text{h}$ 左右,压力为 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 左右;鼓风机一般要求流量为 $1.25\text{m}^3/\text{min}$ 左右,压力为 $900\text{mmH}_2\text{O}$ 左右。某些实验所需气量较小,也可采用压缩空气或氮气钢瓶作为气源。

演示装置的试验用水,采用循环水泵、贮水槽和高位稳压水槽等设备,与演示装置组合而成闭合循环系统。循环水泵为小型的立式液下泵。泵的流量为 $45\text{L}/\text{min}$ 左右,扬程为 $2\text{—}4\text{m}$ 。循环贮水槽由硬聚氯乙烯塑料板焊制而成。循环水泵与贮水槽的装配情况,如图5所示。稳压高位水槽由硬聚氯乙烯塑料板焊制而成,正面可观察部分采用透明有机玻璃板,其结构如图6所示。根据各个实验的不同需要,稳压水槽与实验架活动装配,其高度可在一定范围内调节,如图7所示。

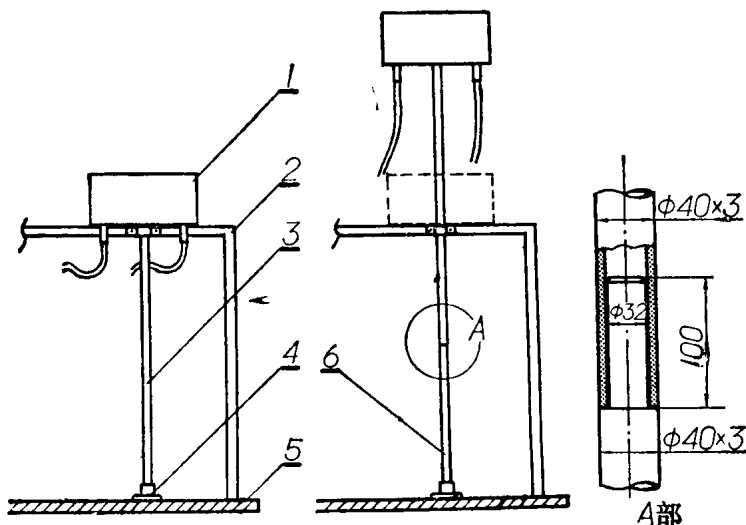


图7 高位稳压水槽安装示意图

1. 高位稳压水槽; 2. 实验架; 3. 支撑管; 4. 管插座;
5. 实验台面; 6. 加长管