

为人民服务

毛泽东

资料6

射流技术及其应用

一机部热工仪表科学研究所

一九七〇年十二月

最 高 指 示

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去解决问题，任何人间的困难总是可以解决的。

读书是学习，使用也是学习，而且是更重要的学习。从战争学习战争——这是我们的主要方法。没有进学校机会的人，仍然可以学习战争，就是从战争中学习。革命战争是民众的事，常常不是先学好了再干，而是干起来再学习，干就是学习。

无产阶级文化大革命以雷霆万钧之势，荡涤着科技战线上的一切污泥浊水，彻底批判了刘贼的“专家治厂”、“爬行主义”、“洋奴哲学”等反革命修正主义黑货。发扬“独立自主、自力更生”的彻底革命精神，为多快好省地发展我国社会主义科学技术闯出了自己的道路。

射流技术这门六十年代新兴的自动化控制技术，在文化大革命运动深入发展到斗、批、改阶段的时候，更呈现出一片欣欣向荣、生气勃勃的景象，射流之花盛开，全市各单位应用射流技术日益增多。为加速推广使用射流新技术，为迎接工农业生产新高潮的迅速到来，在本区上海石棉制品厂、七一拖拉机厂、上海衡器厂以及一机部热工仪表科学研究所等单位的支持参加下，由徐汇区工人文化科技馆负责组织一个以工人为主体，有革命科技人员参加的射流技术编写小组，经过同志们的努力“发扬勇敢战斗、不怕牺牲、不怕疲劳和连续作战（即在短期内不休息地接连打几仗）的作风”，破除迷信，解放思想，发扬了敢想、敢说、敢闯的革命精神，胜利地完成编写任务。

在编写的过程中，除参考了各单位的现有资料外，承蒙市科技情报所、上海搪瓷三厂、上海汽车电机厂、上海量具刃具厂、上海天平仪器厂、上海机床厂、上海染化十厂、上海工学院、上海仪表机床厂、上海电气元件厂、上海长红机械配件厂等单位的支持，提供了宝贵资料及经验，特此表示感谢。

由于我们毛泽东思想学得不够，特别是突出毛泽东思想和两条路线斗争还很不够，对技术业务也不很精通，本书一定存在很多错误，请同志们批评指出。

一九七〇年三月三十一日

射流技术及其应用

目 录

第一章 绪言	1
一、工人阶级是发展射流技术的主力军	1
二、什么是射流技术	3
第二章 射流元件	7
一、概述	7
二、附壁式元件及其性能	8
1. 雷诺实验	8
2. 射流的附壁效应及其切换	1 1
3. 元件	1 5
(1)“非”门 (2)“或”门 (3)“或非”	
(4)双稳 (5)计数触发 (6)“与”门	
(7)半加 (8)等价	
4. 元件参数对元件性能的影响	1 9
5. 元件的测试	2 2
6. 元件制造工艺	2 3
(1)光刻 (2)塑料压制 (3)电火花加工	
三、紊流式元件	2 6
1. 工作原理	2 6
2. 元件性能	2 7
3. 制造工艺	2 8
4. 优缺点评价	2 8
四、比例式元件	3 1
1. 偏流式放大器	3 1
2. 冲流式放大器	3 4
3. 涡流式放大器	3 8
五、射流阀	3 9
1. 开关式射流阀	4 0
2. 比例式射流阀	4 1

3. 应用举例.....	4 2
六 液压双稳元件及其应用.....	4 3
1. 概述.....	4 3
2. 液压双稳元件.....	4 5
(1) 液压双稳元件基本要求	
(2) 几何参数	
(3) 材料及制造工艺	
3. 应用实例.....	4 8
(1) 液压射流控制双头铣床	
(2) 液压射流控制铣床	
(3) 射流控制机床线路安排大致步骤	
第三章 射流技术应用.....	5 3
一、或非元件在射流线路中的用途.....	5 3
二、射流典型线路.....	5 6
1. 数的表示法.....	5 6
(1) 十进位计数制	
(2) 二进位计数制	
(3) 原码、补码及反码	
(4) 二~十进位计数制	
(5) 循环码	
2. 二进位计数器.....	6 8
3. 二~十进位计数器.....	7 1
4. 可逆计数器.....	7 3
5. 环形计数器.....	7 7
6. 译码器.....	8 3
7. 比较线路.....	8 9
8. 射流振荡器.....	9 5
9. 射流载波系统.....	9 7
三、线路设计.....	9 9
1. 一般线路设计的指导思想和出发点.....	9 9
2. 线路设计的一般方法和步骤.....	100
3. 应用举例.....	107
4. 结束语.....	117

四、射流技术应用实例介绍	118
1. 有压容器液位射流自动控制装置	119
2. 液体自动定量充灌射流控制装置	125
3. 石棉橡胶定量控制	128
4. 搪瓷盆射流自动包装	133
5. 冲床自动送料进刀程序控制	134
6. 造型机的时间程序控制	140
7. 粉尘袋式捕集器射流环形控制装置	143
8. 转数控制装置	149
9. 阀门动作检查装置	152
10. 造纸机断纸射流控制线路方案	153
11. 射流变送器	160
12. 比例元件应用	165
(1) 纸浆料位控制	
(2) 密度控制	
(3) 织物定位	

附录一 射流线路常用配件、附件	169
一、流阻、流容、流感和二极管	169
1. 流阻	169
2. 流容	175
3. 流感	176
4. 气阻、气容、气感的组合应用	177
5. 二极管	180
二、转换器	180
1. 开关式气动放大器 (升压器)	180
2. 气—电转换器	182
3. 电—气转换器	182
4. 气—液转换器	183
5. 液—气转换器	185
三、执行机构	185
1. 活塞式执行机构	185

2	棘轮式步进执行机构.....	188
四、	气源与配件.....	191
1.	气源问题.....	191
2.	气源配件.....	191
附录二	逻辑代数常识.....	197
一、	逻辑代数.....	197
二、	数字元件的逻辑性质.....	203
附录三	国外射流技术发展概况.....	207
附录四	图例.....	216
图例一	文字符号.....	216
图例二	元件.....	218
图例三	线路元件及配套件.....	225
图例四	线路符号.....	229

我們伟大的领袖毛主席教导我們：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”“我們必须打破常规，尽量采用先进技术。”射流技术是六十年代自动化领域中出現的一门新技术，是流体控制技术与电子控制原理相结合的产物，是气动、液动控制技术的革命性飞跃。为了贯彻伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针，巩固国防，建设伟大的社会主义祖国，为了狠狠打击帝、修、反，支援世界革命，我国国防、工交、科研战线上广大革命工人和科学技术人员坚决执行毛主席的“独立自主、自力更生”的革命路线，贯彻“洋为中用”的原则，大力发展射流技术，为赶超世界先进水平，取得了卓越的成績。胜利的取得，归功于伟大领袖毛主席，归功于战无不胜的毛泽东思想，归功于毛主席的无产阶级革命路线。

一、工人阶级是发展射流技术的主力军。

我国开展射流技术研究至今不过短短的五、六年，但它逐步得到推广、应用的过程，也充满了剧烈的两个阶级、两条道路、两条路线的斗争。文化大革命前，叛徒、内奸、工贼刘少奇及其在科研系统的代理人出于他們的反革命本性和复辟资本主义的需要，大肆贩卖“专家路线”、“爬行主义”、“洋奴哲学”，疯狂反对我們采用先进技术，反对我們赶超世界先进水平。当时，射流技术被少数几个反动技术权威壟断着。他們大搞技术神祕化，把射流技术吹得神乎其神，高不可攀，拚命扼杀广大工人和革命技术人员的积极性和创造性，把他們拒之于门外。他們死啃洋本本，死守洋框框，死搬洋教条，冷冷清清，閉门造车，纸上谈兵，结果一事无成。

无产阶级文化大革命的急风暴雨摧毁了隐藏在党内的资产阶级司令部，取得了史无前例的辉煌胜利。毛主席的“工人阶级必须领导一切”的伟大号召如浩蕩东风，吹进了资产阶级在各个领域的世襲領地。工人阶级登上了上层建筑舞台，领导上层建筑包括科研系统的斗、批、改，打破了资产阶级的一统天下，射流技术从此获得了新生命，从资产阶级反动技术权威的桎梏下解放出来，开始为社

会主义建设作出贡献。工人毛泽东思想宣传队带领革命知识分子开展了革命大批判，狠批刘少奇在科研系统执行的资产阶级反动路线。科技人员走出高楼深院，以工人为主体组成了许多工厂、研究所、学校“三结合”试验小组，从射流元件制造到应用，做了大量试验工作，取得了一批批丰硕成果。工人阶级在试验中充分发挥了领导作用，成为发展这一技术的主力军。无数事实证明，他们在毛泽东思想指导下，最富于革命的彻底性，最敢想敢干，最有聪明才智。他们团结广大知识分子，发扬“一不怕苦、二不怕死”的革命精神，革命加拼命，克服了一个又一个困难，逾越了一个又一个障碍。他们豪迈地说：“我们一定要为毛主席争气，为社会主义祖国争光！西方资产阶级不敢想、不敢做的，我们中国无产阶级一定能做到！”许多厂的工人老师傅刻苦、顽强地掌握射流技术，白手起家，艰苦奋斗，搞出了许多高水平的项目。这儿我们热情地向大家介绍上海长红机械配件厂和上海电器元件厂的动人事迹。这两个都是一百左右的小厂，过去从来没有搞过气动技术，更不要说射流技术了，生产设备、技术条件也很差。但这两个厂的同志们凭着无限忠于毛主席的一颗红心，“明知征途有艰险，越是艰险越向前”，勇敢地挑起试制射流元件的重担。在兄弟单位协助下，他们通过几百次、上千次试验，为研究射流元件性能积累了大量宝贵的第一性资料，制造出各种类型射流元件。他们制造的大批元件、配件供应全国各单位，为这门新技术的发展作出了巨大贡献。他们那种“敢于走前人没有走过的道路，敢于攀登前人没有攀登过的高峰”的无产阶级豪迈气概，更鼓舞了战斗在射流战线上的同志们。在这两个厂的同志们的身上集中体现了毛泽东思想哺育下七亿中国人民的无比高昂的斗争意志和勇敢精神。

二、三年来，靠战无不胜的毛泽东思想，靠工人阶级的领导，我国在军工、化工、机械、仪表、船舶、纺织、轻工、制药、电力等各工业部门都成功地应用了射流技术，解决了这些部门中不少长期以来得不到解决的老大难问题，在提高生产率、提高产品质量、减轻劳动强度、保障工人健康安全等方面发挥了巨大作用。不少应用成果和元件性能指标赶上和超过了世界先进水平，创造了资产阶

级庸人们无法想象的奇迹。一九六九年五月份举办的上海市发展射流技术展览会就集中检阅了上海市文化大革命以来发展射流技术所取得的巨大成就。来自全国二十七个省市的近五万名观众参观了这个展览会，在全市、全国引起了强烈反响。同时也为上海地区提供了向兄弟省市同志们学习宝贵经验的大好机会。这又进一步推动了射流技术的飞跃发展。在展览会期间和结束后举办了多种的专题讲座和按地区、行业的工人射流技术学习班。这种讲座和学习班对普及、推广射流技术起了很大作用。以徐汇区工人文化科技馆举办的第一期学习班为例，该学习班共有来自二十多个工厂的近五十名学员，经过短期学习，边学边用，到学习班结束时，已有四个厂的学员完成六个应用射流技术的革新项目，这有力地体现了群众是真正的英雄。也说明了射流技术并不神秘，并不深奥，通过大搞群众运动，就会出现立竿见影，迅速发展的生动活泼的局面。

“大海航行靠舵手，干革命靠毛泽东思想。”经过几年来的实践，我们闯出了一条中国式的发展射流技术的道路，一支以工人阶级为主体的发展射流技术的队伍在不断发展壮大。只要我们高举毛泽东思想伟大红旗，突出无产阶级政治，坚持大搞群众运动，一定能使射流技术在社会主义建设中发挥更大的作用。

二、什么是射流技术

毛主席在他的光辉哲学著作《实践论》中这样教导我们：“从认识过程的秩序说来，感觉经验是第一的东西，我们强调社会实践在认识过程中的意义，就在于只有社会实践才能使人的认识开始发生，开始从客观外界得到感觉经验。”要知道什么是射流技术，怎样运用这项技术实现自动化，我们可以先看一台应用射流技术的机器——上海量具刃具厂工人老师傅革新成功的射流研磨机。

图1-1是这台研磨机的示意图。研磨工作是靠工作缸活塞左右往返运动实现的。这种活塞往返的工作用许多方式都可以实现控制，在这儿是靠一只射流元件来控制的。整台机器由以下部分组成：

1 工作缸：这是一只普通的气缸，在压缩空气驱动下活塞可沿直线移动。当一端进气时另一端排气。

2 射流元件：这是研磨机的核心部分。它有两个输出口，一

个气源供给口和二个控制口。压缩空气从气源供给口送进以后可以从左面或右面的输出口流出去执行任务。从控制口通入气，则可以控制输入的气流或是从左面或是从右面输出。

3. 升压器：是一只由射流元件的输出气控制的换向阀。如果从射流元件来的气从右面通入，芯子被推到左面（象图1-1所画的那样），高压气就可以流进气缸左面，使活塞向右移动。相反，如果芯子被推到右面，则高压气可使活塞向左移动。从元件来的压力较低的气（ 0.05 kgf/cm^2 ）可引起较高压力（ 6 kgf/cm^2 ）的气流的方向改变，所以我们把它称为升压器。

4. 发讯器，我们可以把这看成一种限位气开关。当活塞杆上的撞块碰上发讯器的芯子，芯子后退，接通气路，从减压阀来的气就能经过发讯器沿着管道进入元件的控制口。

整台机器的压缩空气线路是这样的，从空气压缩机来的压缩空气分成两路，一路由升压器控制进入工作缸推动活塞工作，另一路经过减压阀把压力降到需要的数值送到射流元件的气源供给口和发讯器里。

知道了这些基本组成以后，这台机器的工作过程就不难了解了。

气流进入射流元件的气源供给口以后，由于气体对于管壁有贴附作用，会附着一条输出道的壁流出元件。假定这时是附在右面，从输出口(2)流出（就象我们在图1-1中用箭头所画出来的那样），而输出口(1)没有气。这样就把升压器的芯子推到左面去，使高压气流经升压器推动活塞向右移。活塞右移后杆上的撞块碰到右面的发讯器(2)，接通气路，使一股气流到射流元件的控制口(2)，把原来贴附在右面壁面上的那股气流往左推，使它贴附在左面，从输出口(1)流到升压器左面，把芯子往右推。这样，高压气便改变方向，流到工作缸的右面，推动活塞向左移动。由于活塞的左移，活塞杆上的撞块离开发讯器(2)，切断了气路，射流元件的两只控制口都没有控制气流入，气源仍旧从射流元件的输出口(1)流出。直到活塞杆上的撞块碰上左面的发讯器(1)，使一股控制气流入控制口(1)，把从气源供给口流进来的那股气再推到右面，从输出口(2)流进升压器。由于升压器芯子被射流元件来的气又推到左面，活塞就又开始往右移动。

机械力)转换成用来作功的能量形式(如用气的压力来作功)这种繁瑣的机构。射流元件中没有可动部分,避免了机械磨损等故障,工作比一般的控制机构(如机械换向阀、电磁阀)可靠得多。

2 射流元件结构简单,对材料又没有什么特殊要求,因此制造容易,成本低廉。射流技术又比较直观、简单,很容易为广大群众所掌握。这些都使得射流技术能普遍推广,上马快,效果显著,深受各工业部门的欢迎。

射流技术的优越性还不止这些。射流元件在高温、低温、高压、振动、电磁场、核爆炸、放射性幅射、腐蚀等各种恶劣环境中都能正常工作,尤其在特殊的场合更能发挥巨大作用。它在工作中不象继电器那样会冒火花,因此在防爆工作场所就更适合。上海石棉制品厂老师傅试制成功的石棉橡胶定量控制,成功地运用了射流技术,解决了这个控制的防爆问题,就是一个很生动的例子。

当然,射流技术也有其局限性。例如与电子技术比较起来它的工作速度比较慢,而且不能实现遥控等等。然而在一般的工程控制中射流元件的工作速度已经足够了。如果与电子技术结合起来,遥控问题也是可以解决的。

射流技术的优点与缺点相比,优点是主要的,决定了它是可以为我們所采用的,而且实践也充分证明了射流技术是实现自动化的有力武器。很多同志认为,如果我們能够把射流技术和电子技术及其他气动、液动、机械自动控制技术结合起来,就能在工业自动控制方面发挥更大的作用。

毛主席教导我們:“读书是学习,使用也是学习,而且是更重要的学习。”射流技术是一门新技术,但并不是一门深奥的技术。只要我們为革命而学,为革命而用,坚持理论与实际相结合,那么“入门既不难,深造也是办得到的。”

第二章 射流元件

一、概述：

1 概况：射流元件是一种新型控制元件，1959年前后才开始对它进行研究，1965年以来才逐渐地推广应用到各方面去。

在我国，尤其是文化大革命后，工人阶级占领了上层建筑阵地，掌握了科学技术大权，狠批了刘修的反革命修正主义科研路线，大搞群众运动，很快地推广应用了这种新元件，尤其多的是在机械工业和化工系统，为提高劳动生产率、减轻劳动强度、改善劳动条件提供了极为重要的技术工具。

用射流互作用原理制成的元件比较简单，也比较直观，容易理解，易于掌握，很受工人老师傅欢迎，工人老师傅掌握了这门技术，又能动地推进了这门技术在各方面应用和发展。

“在普及基础上提高，在提高指导下普及”，在我国普及和提高这二方面的工作，正在相辅相成，相继地推动这方面工作的进展，元件类型和应用新的领域将不断出现，预期将来会有更大的发展。

2 优缺点：射流技术是自动控制学中一门新技术，比起电子技术及其它有可动部件的元件来，在某些方面有其无可比拟的优点，无论是简单或复杂的现代化检测，控制仪表所必要的基本动作，原则上都可以由流体相互作用而不使用电子线路或有可动部件的机械运动去完成。

射流元件具有不受外界环境影响特征，工作可靠，在人造卫星中使用射流元件，如适当地选取元件材料就可以制造出耐温、耐湿、耐辐射、耐加速度、耐震、耐腐蚀的控制元件。

利用流体互作用原理制成的元件，因为无可动部件，无电接点，所以寿命长。且能用于防爆场合。

射流元件制造方便，可根据不同的使用场合选择各种固体材料，只要采用适当材料又可使用任何一种流体工作（气体或液体），亦可用象制造电子印刷线路方法来制造组合元件。可充分地减小装置的体积和重量。缺点：比起电子系统，信号传递速度较慢，如工作介质是气体，则最大传递速度是声速，一般元件的反应速度在毫

秒级上下，但对一般工业应用是不成为问题的。不能进行遥控。

3. 分类：

射流元件是按流体力学原理来构成元件的总称。一般按元件所产生作用来分，可分为两大类。

数字式（又称开关式，断续式）

模拟式（又称比例式，连续式）

数字式元件作用是实现数字逻辑作用，输出处于二个状态，即信息的有、无，也就是“1”和“0”。

动作原理：是利用控制信号的有、无，来改变输出的状态，多数是利用附壁效应来保持其流动，利用附壁效应已制成元件有：单稳、双稳、与门、半加、计数触发、等价，也有利用气体流动状态是层流还是紊流，而分为层流元件及紊流元件。

模拟式元件：元件的输出和输入特性是按比例关系或连续变化关系，是构成模拟控制系统的基本元件。

动作原理：二股射流，即主射流与控制射流相互碰撞，按其相互碰撞时动量大小改变输出，按此原理已做成了偏流放大器、冲流放大器、涡流放大器等。

射流元件按工作介质来分，又可分为液压射流元件与气动射流元件，如按元件工作时，是否需要外加能源，又可分为有源元件与无源元件，一般元件多属有源，无源元件如半加、与门、无源或门等。

由于目前射流数字式元件研究和应用得比较普遍，比较成熟，故本书重点介绍射流数字式元件，并为便于说明，重点介绍附壁式气动元件。但比例元件和液压元件亦大有发展前途。

二、附壁式元件及其性能：

1. 雷诺实验。

毛主席教导我们：“认识的过程，第一步，是开始接触外界事情，……。”我们要认识射流元件这一事物，也应该遵循毛主席的这一教导。做实验，是通过“接触外界事情”而认识事物的一种手段。第一章里我们初步了解了一些什么是射流技术。但对射流元件的工作原理进一步了解，就要牵涉到一些基本理论。在流体力学中

有一个常遇到的重要名词叫「雷诺数」。根据雷诺数的大小可以判断流体的流动状态。什么叫雷诺数呢？让我们先做一个实验，名叫「雷诺实验」。

做实验前，先介绍几个在研究流体时常用的物理概念：

压力：也叫压强，表示流体每单位面积上所受作用力的大小。常用的单位以及各单位之间的关系是：

1 工程大气压 $= 1 \text{ kgf/cm}^2 = 10000 \text{ mm 水柱高} \approx 738 \text{ mm 水银柱高}$ 。我们在研究射流时常用液柱的高来表示压力的大小。一定密度的液体和液柱的高与压力成正比。我们经常会碰到“表压”和“真空”这两个名词，表压（正压）指的是比大气压力大的一部分压力，真空（负压）则指的是比大气压力小的一部分压力。在压力表或真空表上所读到的压力就是表压或真空度。有时我们也用到“绝对压力”。绝对压力就是从绝对零点（绝对真空）起算的压力。所以表压 = 绝对压力 - 大气压力。得出数值为正时，就是正压，数值为负时，就叫负压。

流量：单位时间内通过某一截面上的流体的体积或重量称为流体在这一截面的流量。

前者叫做体积流量， $Q_v = V \cdot A$ ，

式中 Q_v ：体积流量， V ：流速， A ：通流截面积。

后者叫做重量流量， $Q_G = V \cdot A \cdot \gamma$ ， Q_G ：重量流量

式中 γ ：重度，表示单位体积内均质流体重量，单位是 kgf/m^3 或 gf/cm^3 。

粘度：流体流动时由于内部产生的内摩擦力而阻碍流动的性质叫做粘性，粘度就是用来度量粘性大小的一种物理量，常用 μ 或 ν 表示，分别叫做动力粘度（ μ ）和运动粘度（ ν ）。它们的关系是：

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad \rho \text{ 是流体的密度，即单位体积的均质流体的质量。}$$

动量：流体的质量和它的流速的乘积叫做动量。

$$M = m \cdot V$$

式中 M ：动量， m ：质量， V ：流速。

现在让我们着手做实验，实验装置如图 2-1。水柜 C 由于溢

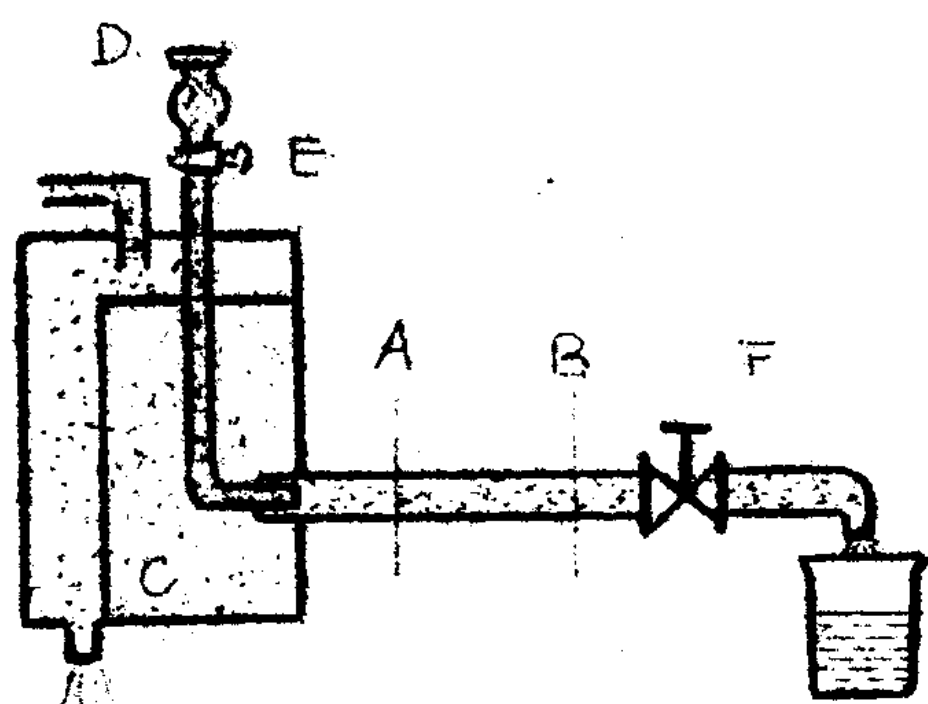


图 2 - 1 雷诺实验装置

水作用而保持一定液位。色水杯 D 内的色水可流入管道 A B。让我们观察 A B 管中水的流动情况，也就是看色水在清水中分布的情况，打开节流阀 B 和 F，C 柜中的水和色水就在 A B 管中流动，F 开得越大，水流得越快。

当 F 开得很小时，我们可以看见色水在管中只是成直线流动而没有横方向的流动。无论色水杯下端怎样在 A B 管中上下移动，这种情况保持不变。这说明水在 A B 管中流动层次分明，互不干扰（如图 2 - 2 a）。将 F 稍微开大，则可以发现原来直线状的色水流线开始微微横向振动。F 逐渐开大，振动越来越剧烈，直到 F 开到足够大时，原来的直线状态完全破坏，色水一方面沿轴向流动，一方面频繁地横向运动，紊乱而无规则，此时色水与清水已无法分清，布满整个管子。这个变化过程可以在图 2 - 2 (b)(c) 上看起来。



图 2 - 2 A B 管中水的几种流动状态

以上第一种情况，流体的流动是层次分明的层层流动，我们称之为层流，最后的情况是流体作紊乱的无规则流动，我们称之为紊流。

如果在上述实验中我们保持 F 的开度不变（也就是流速不变）而换用不同的流体，则可以发现，粘度大的流体容易成层流，粘度小的流体则容易成为紊流。如果将流体性质、流速保持不变而将 A B 管换成不同口径的管子，那我们将发现，管径小，流体容易成层流，管径大了就会出现紊流。

上面我们所观察到的现象是一切流体（包括任何气体、液体）流动时的基本现象。我们也可以得出这样的结论：流体究竟呈层流