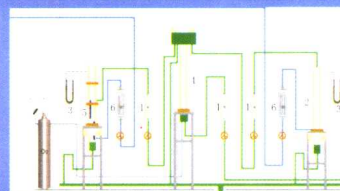
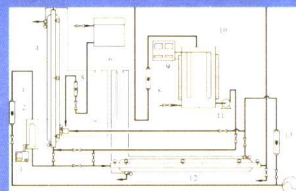
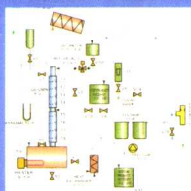
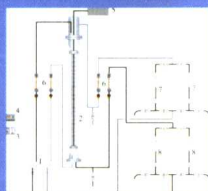


郭庆丰 彭勇 编著

化工基础实验



016
21

清华大学出版社

化工基础实验

郭庆丰 彭勇 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是在清华大学出版社1994年版《化工原理实验》教材基础上重新编写的,为清华大学化工原理实验课的配套教材。

本书注重教学内容的改革,增添了研究型、综合型提高实验,如传热综合实验、联机精馏实验等;增添了新型分离技术实验,如渗透汽化膜过程实验。全书分为化工实验基础知识,化工原理基础实验,综合型、研究型实验,化工参数测量方法及常用仪器仪表的使用,实验误差分析与数据处理等5章,书末附有与实验密切相关的数据表11个。

本教材可与清华大学出版社已出版的《化工原理》(第2版)教材配套使用,也可用于单独设置的实验课。

本书可作为高等院校化工原理实验课的教材,并供化工、生物化工、环境化工、石油化工等专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工基础实验/郭庆丰,彭勇编著. —北京:清华大学出版社,2004

ISBN 7-302-08252-9

I. 化… II. ①郭… ②彭… III. 化工原理—实验—高等学校—教材 IV. TQ02-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第018444号

出 版 者: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 柳 萍

版式设计: 刘伟森

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 170×230 印张: 10 字数: 184千字

版 次: 2004年5月第1版 2004年5月第1次印刷

书 号: ISBN 7-302-08252-9/TQ·15

印 数: 1~3000

定 价: 12.80元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103或(010)62795704

前 言

本书是在 1994 年版《化工原理实验》教材的基础上重新编写的。

近年来,一方面实验装置的不断发展及测试手段和仪器仪表的升级呼唤着教材内容的更新;另一方面,面向 21 世纪的人才培养目标对实验教学提出了更高的要求,加强学生素质、能力培养,尤其是创新能力的培养是本书的初衷。

作为化工类技术基础课教材,本书强调基本概念、基本操作和基础训练,突出在实验教学各个环节中学生素质、能力的培养。为此,本书增添了研究型、综合型实验和新型分离技术实验(见第 3 章)。新设第 4 章旨在介绍实验研究及工业实践中常见的测试手段和仪器仪表的性能、使用方法。除了一般的化工单元操作训练外,本书还可指导学生实际进行联机精馏和在线分析操作,触摸新的测试领域。

对于实验内容安排,无论是旧装置的改造还是新装置的建立,我们都力求在实验内容上拓宽、拓深,为读者创造更广阔的动手动脑空间。在教材编写中,力求文字简洁,叙述层次清楚,重点突出。

本书既可以作为实验教材与清华大学出版社出版的《化工原理》(第 2 版)配套使用,也可用于单独设置的实验课,或作为相关专业科研人员、实验室工作者的参考书。

本书由郭庆丰、彭勇主编,蒋维钧教授主审。各章执笔者:第 1,2,5 章 郭庆丰,第 4 章及附录 彭勇,第 3 章 郭庆丰、彭勇。彭勇、徐伟齐还负责全书的插图和部分文字的录入工作。在本书编写过程中,得到了余立新教授和天津大学冯亚云教授的支持和帮助,在此一并表示感谢。

编 者

目 录

前言	I
1 化工实验基础知识	1
1.1 本课程的特点及教学目标	1
1.2 化工实验研究方法	2
1.3 实验教学环节及要求	4
2 化工原理基础实验	8
实验 1 离心泵特性曲线的测定	8
实验 2 流体流动阻力的测定	12
实验 3 流量计的标定	16
实验 4 恒压过滤参数的测定	21
实验 5 填料塔流体力学特性的测定	26
实验 6 板式塔流体力学特性的测定	29
实验 7 传热系数的测定	35
实验 8 填料塔精馏实验	38
实验 9 板式塔精馏实验	41
实验 10 吸收(解吸)系数的测定	44
实验 11 流化干燥实验	48
实验 12 风道干燥实验	51
3 综合型、研究型实验	54
实验 13 渗透汽化膜分离实验	54
实验 14 传热过程强化实验	58
实验 15 填料塔性能测试冷模实验	61
实验 16 液-液萃取实验	64
实验 17 传热综合实验	67
实验 18 联机精馏实验	71

4 化工参数测量方法及常用仪器仪表的使用	78
4.1 温度测量及仪表	78
4.1.1 概述	78
4.1.2 热膨胀式温度计	80
4.1.3 压力式温度计	82
4.1.4 热电偶温度计	83
4.1.5 热电阻温度计	87
4.1.6 非接触式温度计	89
4.2 压力测量及仪表	92
4.2.1 概述	92
4.2.2 液柱压力计	92
4.2.3 弹性压力计	94
4.2.4 压力的电测方法	96
4.2.5 压力仪表的选择、校验和安装	97
4.3 流量测量及仪表	100
4.3.1 节流式(差压式)流量计	100
4.3.2 变面积式流量计	107
4.3.3 涡轮流量计	109
4.3.4 流量计的标定	111
4.4 成分分析仪表(仪器)	114
4.4.1 液体组成测量	115
4.4.2 气体组成测量	123
4.4.3 固体含水量测量	125
5 实验误差分析与数据处理	127
5.1 实验数据的采集与运算	127
5.2 实验数据的误差分析	128
5.3 实验数据的处理	134
5.3.1 实验数据的列表法	134
5.3.2 实验数据的图示(解)法	136
5.3.3 实验数据的回归分析法	138
附录 化工原理实验常用数据表	147
参考文献	154

1 化工实验基础知识

1.1 本课程的特点及教学目标

在化学工业中,无论是新产品、新工艺及新设备的研制开发,还是旧工艺、旧设备的改造,都离不开实验。虽然现今的数字化研究已使得许多工作都可以通过计算机模拟来完成,但归根结底,获得建立数学模型所需的基础数据以及检验模拟结果可靠性,往往还是要通过实验来完成。因此,实验在科学研究与工程设计中不可替代的作用是显而易见的。纵观人类科学技术发展史,不难发现,科学上许多重大发明和突破都是以实验研究为基础的。实验研究是化学工程研究的基本方法。对于化学工程专业人员而言,如何规划实验并从中得出规律性的东西,是十分重要的。

化工原理实验是一门实践性很强的技术基础课,它与化工原理课堂教学、实习、化工设计等教学环节相互衔接,构成一个有机的整体。化工原理实验属于工程实验范畴,它不同于基础课实验之处在于所面对实际问题的错综复杂性:处理物料的千变万化,设备形式大小各异,还有来自各方面的影响因素等。人们进行实验研究时发现,实际工业过程中涉及的变量非常多,以至于实验工作量之大之难,使人望洋兴叹!于是,新的研究手段或方法应运而生。初涉工程性实验的学生应特别注意,由于研究对象不同,研究方法也必然不同,切忌将处理物理实验或化学实验的一般方法简单地套用于化工原理实验,重要的是在实验的整个过程中体验实验的工程性以及掌握处理工程问题的一般方法。另外,由化工原理实验,尤其是中等规模的实验,所得到的结论对于化工单元操作的设备设计及过程操作条件的确定,均具有极重要的指导意义。

所以,通过实验应达到如下目标:

(1) 验证各化工单元操作过程的机理、规律,巩固和强化在化工原理课程中所学的基本理论。

(2) 熟悉典型单元操作的工艺流程及设备,以及化工常用仪器仪表的使用;掌握工程实验的一般方法和技巧,如操作条件的确定、实验操作及故障分析、测试仪表的选择、数据采集和过程控制的实现等。

(3) 培养学生独立进行实验研究的能力,包括:实验的设计、组织,相关文献和信息的调研,实验数据的整理和计算机处理,实验装置的搭建,实验报告的

编纂等。

(4) 培养学生严谨求实的作风。科学的态度是实事求是,来不得半点虚假。实验数据是实际观测的真实结果,任何理由下的编造和任何借口下的修改或歪曲都是要不得的。严肃对待实验中的每个细节才能有所发现、有所前进。

1.2 化工实验研究方法

在长期的发展过程中,逐步形成了化工原理实验本身的研究方法,主要有因次分析法、数学模型法和直接实验法。实际上这也是研究工程问题的基本方法。

1. 因次分析法

关于因次分析法,许多相关教材和论著均有阐述,可参看清华大学出版社2003年出版的《化工原理》第2版,上册,第1.5.3节,这里不再重复。

2. 数学模型法

数学模型法是自20世纪70年代以来产生、发展和日趋成熟的一种方法。实际上这一方法的基本要素在化工各单元操作中早有某些应用,只是没有上升到模型方法的高度。高速大容量电子计算机的出现及不断升级,使得数学模型法得以迅速发展,成为化学工程研究的强有力手段。

数学模型法建立在对过程的内在规律进行深入研究并充分认识的基础上,将复杂问题高度概括,提出足够简化而又不至于失真的物理模型,然后获得描述过程的数学方程。若能确定方程的初始条件、边界条件,并选择适宜的计算方法,即可求解方程。

数学模型法处理工程问题的大致步骤如下:

- (1) 通过实验研究认识过程,初建简化的物理模型;
- (2) 建立数学模型;
- (3) 通过实验检验该模型与实际过程的近似度,并确定模型参数。

下面以流体通过颗粒床层流动数学模型的建立为例,进一步加以说明。

1) 初建简化物理模型

流体通过颗粒床层的流动,就其流动过程而言,复杂性在于流体通道所呈现出的纵横交错的不规则性(图1-1)。如果仍像流体通过平直空管那样沿用严格的流体力学方法处理,就会发现,由于流体流经颗粒床层的边界条件难以确定,因而无法求解。在实验研究中我们注意到,流体通过颗粒层的流动极慢(即爬流)时,流动阻力主要来自表面摩擦;而高速流动时,阻力主要是形体阻力。抓住这一特性对过程大力简化是我们的基本思路。

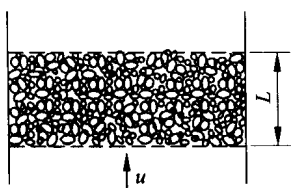


图 1-1 流体通过颗粒床层

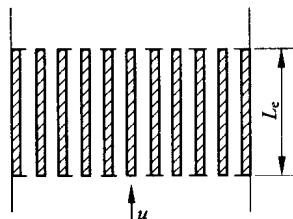


图 1-2 流体通过均匀细管

工程中的过滤操作就是“爬流”的实例。可以设想,操作中流动造成的阻力主要来自表面摩擦,所以流动阻力与颗粒表面积成正比,与其通道形状关系甚小。这样,流体通过颗粒床层的不规则流动即可简化为流体通过许多平行排列的均匀细管的流动(图 1-2),并假定:

(1) 细管的内表面积等于床层颗粒的全部表面积。

(2) 细管的全部流动空间等于颗粒床层的空隙容积,由此可求得该虚拟细管的当量直径 d_e :

$$d_e = \frac{4 \times \text{通道的截面积} \times L_e}{\text{湿润周边} \times L_e} = \frac{4 \times \text{床层的流动空间}}{\text{细管的全部内表面}} = \frac{4\epsilon}{a(1-\epsilon)} \quad (1-1)$$

式中: a ——床层比表面,单位体积床层中颗粒的表面积, m^2/m^3 ;

ϵ ——床层的空隙率, $\epsilon = \frac{\text{床层体积} - \text{颗粒所占体积}}{\text{床层体积}}$;

L_e ——细管长度, m 。

2) 数学模型

显然,通过上述简化的物理模型,可将流体通过颗粒床层的压降简化为通过均匀直管的压降,可以写出:

$$h_f = \frac{\Delta p}{\rho} = \lambda \frac{L_e}{d_e} \frac{u_1^2}{2} \quad (1-2)$$

式中: λ ——摩擦系数;

ρ ——密度, kg/m^3 ;

Δp ——压力降, Pa ;

h_f ——流体流动时的阻力损失, J/kg ;

u_1 ——流体在细管内的流速, m/s ;

d_e ——细管的当量直径, m 。

可以推导出 u_1 与空床速度(即表观流速) u 的关系如下:

$$u_1 = \frac{u}{\epsilon} \quad (1-3)$$

将式(1-1)及式(1-3)代入式(1-2)得

$$\frac{\Delta p}{L} = \left(\frac{\lambda L_e}{8L} \right) \frac{a(1-\epsilon)}{\epsilon^3} \rho u^2$$

令

$$\lambda' = \frac{\lambda L_e}{8L} \quad (1-4)$$

则

$$\frac{\Delta p}{L} = \lambda' \frac{a(1-\epsilon)}{\epsilon^3} \rho u^2 \quad (1-5)$$

式(1-5)即为流体通过固定床压降的数学模型,待定系数 λ' 称为模型参数,其物理意义为固定床的流动摩擦系数。注意细管长度 L_e 与床层高度 L 在一般情况下并不相等,二者成正比关系,即 $L_e/L = \text{常数}$ 。

待定系数 λ' 与雷诺数 Re 的关系,需要通过实验来确定。如果从所有实验结果归纳出的 λ' 与 Re 的关系均相同,可以认为上述理论分析及构思得到了验证。否则,应返回去进行若干修正,重新推导。

不难看出:

- (1) 实际上 λ' 与 Re 的关系测定过程就是该数学模型的实验检验过程。
- (2) 简化物理模型的建立源于对过程的认识。一般来说,对过程本质和规律的认识越深刻,则建立的物理模型越合理,其数学描述也越准确,实验检验也越顺利。

3. 直接实验法

顾名思义,直接实验法就是对被研究对象进行直接实验以获取其相关参数间关系的规律。显然这种研究方法得出的只是个别参量间的规律性关系,不能反映对象的全部本质,这是其局限性之一。其次,该实验结果只能用到特定的实验条件和实验设备上,或推广到实验条件完全相同的现象。第三,实验工作量大,耗时费力,有时需要较高的投资。但直接实验法针对性强,实验结果可靠,对于其他实验研究方法无法解决的工程问题,仍不失为一种直接有效的方法。

1.3 实验教学环节及要求

化工原理实验通常包括如下几个教学环节:预习→实验→撰写报告→考查。为了突出对学生“能力”和“素质”的培养,整个实验过程中必须坚持启发式、讨论式、研究式、交互式的教学方法,突出学生的自主作用,克服教师单纯传授知识、包办代替的做法,以及学生依赖教师被动学习的习惯。

一般情况下,本课程以小组(每组2~3人为宜)为单位分工协作完成,组长

负责组织、协调,组员各司其职、适时轮换。

1. 预习

预习是实验教学的关键环节。学生进入实验室开始实验之前,首先应接受指导教师关于预习情况的检查。教师根据提问情况,决定该组学生是否可以进入实验;若不能通过,则学生应重新预习。

预习途径有三:阅读实验讲义,利用多媒体课件网上预习,现场实地考察并熟悉实验设备流程。学生可根据自己的情况自行选择,但不论采用什么途径,通过预习均应达到如下要求:

(1) 了解实验的具体任务、具体做法及理论依据,明确实验中应测取哪些数据,并预估实验数据变化规律(趋势)或范围;

(2) 在独立思考和小组讨论的基础上拟定实验方案,了解设备和仪器的启动程序及调节方法,明确操作要点;

(3) 写出预习报告,包括实验目的、原理、装置流程示意图、实验步骤及注意事项等,拟好实验原始数据表格。

2. 实验

实验操作是实验教学的核心环节。学生只有通过操作才能了解和领会单元操作设备及流程,了解如何实现过程的优化,分析各种非正常现象产生的原因并研究可能采取的措施。实际上,关于操作问题的讨论和思考无不与基本原理息息相关。例如流体流动阻力实验中,工作介质为水,实验前务必对系统(实验管道和测压管)进行排气操作。那么,为什么要排气?怎样排气?怎样检验系统内的气是否排净?这一系列问题都是伯努利方程的生动应用。

实验操作中应注意:

(1) 实验中应密切注意仪表示数的变动,随时调节,以保证过程的稳定。一定要在过程稳定后方可取样或读取数据,所以实验条件改变后,要等一段时间才能取样或读数,时间的长短视实验是“热模”还是“冷模”、仪表的滞后等情况而定。

(2) 凡是影响实验结果或与实验相关的数据均应测取,包括大气压、室温、水温、设备有关尺寸、物料性质等,不应遗漏。需注意:并非所有的数据都是能够直接测取的,如水的粘度、密度等,测定水温即可。而氧解吸实验中的平衡液相组成 x^* ,可根据测得的当地大气压、物系温度及查算亨利系数,进行计算得到。

(3) 同一条件下,至少应该读取两套数据,重复性较好时,方可改变条件,继续实验。

(4) 实验过程中切忌只顾埋头操作和读数,忽略了对过程中现象的观察。

须知,实验现象往往与过程的内在机理、规律密切相关,如塔板上两相接触状态与效率的关系。自觉培养勤于观察、善于观察的习惯,是科研工作者和工程技术人员必备的素质。

(5) 实验中若出现异常现象,或者数据有明显误差时,应在记录中如实注明。小组成员应与教师一起认真讨论,研究异常现象发生的原因;及时发现问题、解决问题,或者对现象做出合理的分析、解释。

(6) 用事先拟好的原始数据表格认真记录,不得随便拿一张纸记录。要保证数据可靠、清楚,记录后应及时复核,避免读错、写错,所测物理量的名称、符号、单位也应注明。

(7) 实验结束后,按操作规程关闭仪器设备;实验记录需交教师检查、签字;教师组织围绕该实验的讨论、总结;检查水、电、气是否关闭,仪器设备的复原情况,将场地打扫干净后方可离开。

3. 实验报告

实验报告的基本要求是表达简洁、准确,条理清楚。每个实验做完后,实验数据小组共享;但整理数据及撰写报告,则应由每个学生独立完成,提倡讨论,反对“拷贝”。一旦发现抄袭,则报告作废,重新撰写。

实验报告的内容及格式不强求一致,但除了注明实验名称、地点、时间、班级、姓名、同组人员以外,一般应包括如下几项:

- (1) 实验目的;
- (2) 实验原理;
- (3) 实验装置流程,包括流程示意图和主要设备、仪表型号规格;
- (4) 操作要领;
- (5) 实验数据及处理,包括原始数据表格、结果数据表格,由结果数据整理得到的曲线或导出的经验公式,计算示例等;
- (6) 实验结果分析与讨论,包括实验结论、对实验结果的评价、误差分析等,并对实验中发现的问题进行讨论,还可以分析现有实验条件或手段的弊病及不足,提出改进建议;
- (7) 回答思考题。

以上各项中,以(5)项和(6)项为重,特说明如下:

对于实验数据处理部分,要求:

(1) 实验数据表格的设计要一目了然,表头上各物理量的符号、单位标清楚;注意记录的是原始数据,如传热实验中,若读数是“mV”,不要只将换算后的温度记下而将“mV”丢掉。

(2) 将结果数据整理成曲线或拟合成经验公式,该曲线是画在直角坐标上

还是单对数坐标或双对数坐标上,需要根据数据间的关系或预测的函数形式进行选择。如果是线性函数,采用直角坐标;幂函数就采用对数坐标,以使图形线性化;指数函数则采用单对数坐标。

坐标的分度应与实验数据的有效数字大体相符,最适宜的分度是使实验曲线坐标读数和实验数据具有同样的有效数字位数。另外,横、纵坐标的比例不一定一致,需根据具体情况而定,一般调整实验曲线的坡度为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,这样坐标读数的准确度较高。

曲线或经验公式的适用范围一定要注明。

(3) 计算示例中,以一组实验数据为例说明数据的处理过程。小组各成员应约定采用不同组别的实验数据,不要重复。

在实验结果分析讨论部分,应有自己独到的见解和分析,切忌不动脑子,人云亦云。

4. 考查

考查的方式可以多样,除统一出题考试外,还可以采用专题考查(如对特定物系,要求学生自选可行的分离手段进行实验)、抽查等,教师根据具体情况灵活掌握。

2 化工原理基础实验

实验1 离心泵特性曲线的测定

1. 实验目的

- (1) 了解离心泵的构造与操作。
- (2) 测定单级离心泵在一定转速下的特性曲线。
- (3) 测定单级离心泵出口阀门开度一定时的管路特性曲线。
- (4) 了解离心泵的工作点与流量调节。

2. 实验原理

1) 离心泵的特性曲线

离心泵是应用最广的一种液体输送设备。它的主要特性参数包括流量 Q 、扬程 H_e 、功率 N 和效率 η 。这些参数之间存在着一定的关系。在一定转速下, H_e, N, η 都随着输液量 Q 变化而变化, 通过实验测定不同 Q, H_e, N, η 的值, 就可以做出泵在该转速下的特性曲线。

各种泵的特性曲线均已列入泵的样本中, 供选泵时参考。本实验的目的之一就是要了解和掌握这些曲线的测定方法。

(1) 流量 Q 的测定

转速一定, 用泵出口阀调节流量。用秒表计时间, 管路中流过的液体量通过涡轮流量计和积算频率仪确定或用差压式流量计读出压差值来确定流量。

(2) 扬程 H_e 的测定

根据泵进出口管上安装的真空表和压力表读数即可算出扬程:

$$H_e = H_{\text{压}} + H_{\text{真}} + h_0 + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \quad (2-1)$$

式中: $H_{\text{压}}, H_{\text{真}}$ ——压力表和真空表测得的读数, m 液柱;

h_0 ——压力表与真空表表心垂直距离, m;

u_1, u_2 ——泵进、出口管内的流速, m/s。

(3) 功率 N 的测定

由三相功率表直接测定电机输出功率 $N(\text{kW})$ 。

(4) 效率 η 的测定

泵的效率 η 为有效功率 $N_e(\text{kW})$ 与轴功率 $N(\text{kW})$ 之比:

$$\eta = \frac{N_e}{N} \quad (2-2)$$

$$N_e = \frac{H_e Q \rho g}{102}$$

其中: H_e ——扬程, m;

Q ——流量, m^3/s ;

ρ ——流体密度, kg/m^3 ;

g ——重力加速度, $g = 9.81 \text{ m}/\text{s}^2$ 。

在实验中,如测定的是电机的输入功率,则求得的效率为包括电机效率和传动效率在内的总效率:

$$\eta_{\text{总}} = \frac{N_e}{N_{\text{电机}}}$$

总效率 $\eta_{\text{总}}$ 与泵效率 $\eta_{\text{泵}}$ 存在如下关系:

$$\eta_{\text{总}} = \eta_{\text{电机}} \eta_{\text{传动}} \eta_{\text{泵}}$$

2) 管路特性曲线

当离心泵安装在特定的管路系统中工作时,实际的工作压头和流量不仅与离心泵本身的性能有关,还与管路特性有关,也就是说,在液体输送过程中,泵和管路二者是相互制约的。

对一特定的管路系统列伯努利方程,可导出:

$$H_e = K + BQ^2 \quad (2-3)$$

其中: H_e ——管路所需的压头, m;

Q ——流量, m^3/s (注意! 应与泵特性曲线中的 Q 单位一致)。

操作条件一定时, K 和 B 均为常数:

$$K = \Delta Z + \frac{\Delta p}{\rho g} \quad (2-4)$$

$$B = \left(\lambda \frac{l + \sum l_e}{d} + \sum \zeta \right) \frac{1}{2g(3600A)^2} \quad (2-5)$$

式中: A ——管道截面积, m^2 ;

d ——管道直径, m;

l ——管道长度, m;

l_e ——局部阻力的当量长度, m;

ζ ——局部阻力系数;

ΔZ ——位能差, J/kg ;

Δp ——静压差, Pa。

从上式看出: 在固定管路中输送液体时, 管路所需的压头 H_e 随被输送流体

的流量 Q 的平方而变(湍流状态),该关系标在相应坐标纸上,即为管路特性曲线。该线的形状取决于系数 K 和 B ,也就是说,取决于操作条件和管路的几何条件,与泵的性能无关。

由于确定 K, B 有一定困难,实验时不采用此途径求管路特性曲线。

3) 管路特性曲线的测定及工作点的调节

离心泵总是安装在一定的管路上工作的,泵所提供的压头与流量必然与管路所需的压头和流量一致。若将泵的特性曲线与管路特性曲线绘在同一坐标图上,两曲线交点即为泵在该管路的工作点。当生产任务发生变化,或已选好的泵在特定管路中运转所提供的流量不符合要求时,都需要对泵的工作点进行调节。实际上,改变两种特性曲线之一均能达到调节的目的。

如前所述,通过改变阀门开度来改变管路特性曲线,可求出泵的特性曲线。同样,也可以通过改变泵转速来改变泵的特性曲线,从而得出管路特性曲线。该过程即是离心泵的流量调节及工作点的移动过程。

具体测定时,应固定阀门某一开度不变(此时管路特性曲线一定),改变泵的转速,测出各转速下的流量,记下压力表、真空表及功率表读数,算出泵的扬程 H 。即为管路所需的压头,从而做出管路特性曲线。

3. 实验装置与流程

本实验装置由 IS 型单级单吸式清水离心泵及涡轮(或孔板)流量计、压力表、真空表及控制阀组成一个循环回路,见图 2-1。

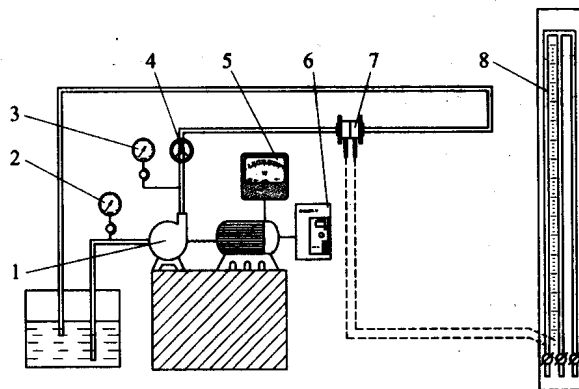


图 2-1 离心泵实验

- 1—离心泵; 2—真空表; 3—压力表; 4—泵出口阀;
5—功率表; 6—变速表; 7—孔板流量计; 8—压差计

主要设备及仪表规格如下:

- (1) IS 型单级单吸式清水离心泵: 50-32-125;
- (2) 压力表: 量程 $0\sim 0.4(0.6)\text{MPa}$;
- (3) 真空表: 量程 $0\sim 0.1\text{MPa}$;
- (4) 孔板流量计: $d_{\text{内}}=30\text{mm}$;
- (5) 三相功率表: $0\sim 2000\text{W}$;
- (6) 泵的出入管内径: $D_{\text{内}}=36\text{mm}$;
- (7) 变速表: 型号为 SVS-352C, 电机最大功率为 2.2kW , 频率为 $0\sim 50\text{Hz}$ 。

4. 实验步骤及注意事项

- (1) 熟悉设备、流程及各仪表的操作。
- (2) 打开泵的排气阀及充水阀, 向泵体内灌水, 直至泵内空气排净。然后关上排气阀和充水阀。
- (3) 关闭泵的出口阀 4。
- (4) 打开变速表开关。
- (5) 启动泵, 打开功率表开关, 开启各测试仪表, 并将变速表调至某一挡, 如 50Hz 。
- (6) 用泵的出口阀调节流量。流量从大到小取 15 个点(根据泵最大流量对应的压差大致均匀分割)。记录各流量(包括流量为零)及该流量下的压力表、真空表及功率表读数。
- (7) 以上为某一转速下泵的特性曲线的测定步骤。若测定管路特性曲线, 则要求固定阀门的某开度, 将变速表按 $50, 48, 46, 44\text{Hz}$ 依次调节, 测定各挡的流量和压力表、真空表、功率表的读数。
- (8) 实验结束后, 关闭仪表及泵的开关。
- (9) 注意, 实验前应检查孔板压差计液面是否水平, 若不平, 则应首先对系统进行排气操作, 同时, 通过压差计下部的排气阀将液面调至适宜位置, 以保证实验中离心泵的测量范围足够大。

5. 实验报告

- (1) 在同一张坐标纸上描绘一定转速下的 $H_c-Q, N-Q, \eta-Q$ 曲线。
- (2) 在上述坐标纸上画出某一阀门开度下的管路特性曲线, 并标出工作点。

6. 思考题

- (1) 为什么启动离心泵前要引水灌泵? 如果灌水排气后泵仍启动不起来, 你认为可能是什么原因?
- (2) 为什么离心泵启动时要关闭出口阀?
- (3) 什么情况下会出现“汽蚀”现象?
- (4) 为什么调节泵的出口阀门可调节其流量? 这种方法有什么优缺点? 是