

高等学校教材

泵与风机实验

太原工业大学 阎庆绂 编



高等学校教材

泵与风机实验

太原工业大学 阎庆绂 编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书主要叙述泵与风机的基本实验,包括泵与风机性能实验和预旋实验,泵汽蚀实验和振动实验,风机噪声实验。这些实验中包括实验原理、目的和方法,所用实验装置及仪器仪表,实验操作及参数测取,以及实验数据处理及曲线绘制,同时还列举了教学实验实例等。

本书是热能动力类专业泵与风机实验课教材,也可作为有关专业院校学生的选修课教材,还可供从事泵与风机工作的工程技术人员参考。

高 等 学 校 教 材

泵 与 风 机 实 验

太原工业大学 阎庆绂 编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 4.5印张 97千字

1991年10月第一版 1991年10月北京第一次印刷

印数 0001— 2090 册

ISBN7-120-01320-3/TK·214

定价 1.30 元

前 言

本书是根据1988年9月和1989年10月两次全国高等学校热能动力类专业教学委员会流体力学及泵与风机教学组扩大会议确定编写的,是高等工科院校热能动力类专业泵与风机实验课教材。

全书共分四章,主要讲述泵与风机性能实验、泵与风机入口流体预旋实验、泵汽蚀实验、泵振动实验、风机噪声实验。每种实验基本上都选编了教学实验的实例。

本书由太原工业大学阎庆绂编,西安交通大学吴达人主审。

本书的编写得到山东工业大学孔珑教授、重庆大学郭立君副教授、太原工业大学彭龙生副教授及参加教学实验的同志,以及各兄弟院校教师的关怀和支持,在此一并表示衷心的感谢。

编者水平有限,书中难免有不足和错误之处,请批评指正。

编 者

1989年12月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 实验种类、级别和项目	1
第二节 实验方法	3
第三节 实验装置	4
第四节 实验的一般要求	8
第二章 数据采集、处理、误差规定	10
第一节 实验数据采集	10
第二节 实验数据处理及误差规定	15
第三章 泵的基本实验	21
第一节 泵的性能实验	21
第二节 泵的汽蚀实验	28
第三节 离心泵入口流体预旋实验	32
第四节 振动测量及泵的振动实验	42
第四章 风机的基本实验	51
第一节 风机的性能实验	51
第二节 离心风机入口流体预旋实验	55
第三节 噪声测量及风机的噪声实验	57
参考文献	66

第一章 概 述

泵和风机是重要的流体机械,它是把机械能转化为流体势能和动能的动力设备,在国民经济各部门有广泛的应用。为此,热能动力工程等专业都开设了这门课程,主要目的是使学生掌握泵和风机的基本理论、主要结构和部件、有关选型和运行调节的基础知识,以及泵和风机的性能及测试方法等。要达到上述目的,理论教学和实践教学是两个重要环节,《泵与风机实验》则侧重实践教学这一方面。

实验技术的发展和科学进步是紧密相连、互相促进的。实验研究对泵和风机理论的发展、设计水平的提高及解决生产中出现的問題,都有极其重要的意义。因此,搞好实验教学,对学生在校学习期间能掌握一定的实验理论和技巧是十分必要的。

实验教学首先是通过实验,让学生掌握实验的基本原理、测试方法与技巧,了解实验设备和仪器仪表的性能及使用,以增强实践意识和提高实际工作的能力;其次是通过整理实验数据、编写实验报告,深化所学理论,以增强开拓能力和创造意识;最后再通过对实验的全面思考和对思考问题的研究,使学生能在理论和实践两个方面都有所发现和提高。

《泵与风机实验》就是为进行实验教学而编写的教材,它在内容上主要考虑了学生在校学习的需要,也考虑了学生毕业后的工作而做了适当的扩展。尤其对当前在电厂和其他厂矿中存在的泵和风机振动、噪声、汽蚀和流体预旋等问题的试验测试都进行了阐述。使用本教材时,可以根据实际需要进行讲授和开设实验。

第一节 实验种类、级别和项目

一、实验种类

实验种类根据实验目的大致可分为生产性实验、科研性实验和教学性实验三种。

1. 生产性实验

生产性实验是指由于生产过程的需要,对泵和风机进行的各类实验,即原型实验。如在投产前对泵和风机进行的鉴定性实验,对新设计或经技术改造后的泵和风机进行的测试鉴定;又如在运行过程中泵和风机性能的实验测试,制造过程中的验收入库、出厂实验等。

这类实验一般是在制造厂或生产现场进行,主要是进行泵和风机的外特性、强度和可靠性等试验。

2. 科研性实验

科研性实验是为了从理论上进行某些探讨而进行的实验。如对不同结构的泵和风机的参数、可靠性和抗汽蚀性能进行比较;查明各种外界因素对泵和风机工作的影响;确定泵和风机的参数或可靠性指标随各种因素的变化规律等。此外,用实验手段解决某些生产实践中提出的問題,有关泵和风机的某些新理论的实验验证等,也属这类实验。

这类实验多数在实验室的实验台上进行,也有些需在现场进行。在现场进行的实验主要是原型实验。一般要进行内外特性测试时,测试参数将根据课题的特定需要加以确定。

3. 教学性实验

教学性实验的目的是为了培养学生实践的能力,学生通过实验加深对所学理论的理解,掌握最基本的测试技术和实验方法,了解实验设备及仪器仪表的性能和操作,增强动手能力和实践意识。

这类实验都是在实验室的实验台上进行。重点是泵和风机的外特性测试,也可进行运行和调节等方面的实验。

本书重点讨论教学性实验,但所阐述的基本理论和方法、所用设备和仪器、测试技术、数据的分析处理和成果报告等,对生产性实验和科研性实验也是适用的。

二、实验等级

实验等级一般可分为A、B、C三级。A级适用于精确度要求很高的科研性实验,或用于大型泵和风机的模型实验;B级用于精确度要求较高的实验,如一般性科研实验或生产实验;C级通常用于教学实验和生产验收实验等。

三、实验项目

实验项目包括泵和风机的外特性、内特性、强度及其它实验。每种实验都有其必需的测试指标,如功能性指标、技术性能指标和可靠性指标等。

1. 外特性实验

外特性实验包括运转实验、性能实验和汽蚀实验。

(1) 运转实验 这种实验用于鉴定泵和风机的工作可靠性,对其振动、噪声、泄漏、温升、机械磨损等作出评价,并使其符合标准规定。

该项实验需在规定转速和所输送介质的允许最高温度下进行。运行工况点应在规定的范围内,并在规定的负荷下连续运转足够的时间。

(2) 性能实验 这是一项重要的实验,不论属于哪类实验都是必做项目。目的是为了获得泵和风机的扬程与流量($H-Q$)、轴功率与流量(P_a-Q)、效率与流量($\eta-Q$)、汽蚀余量与流量($NPSH-Q$)的关系曲线。为此,必须测量的参数为扬程、流量、轴功率和转速。

(3) 汽蚀实验 它是泵的实验项目。随着工农业生产的发展,泵的容量越来越大,转速也越来越高,汽蚀问题日渐突出,汽蚀实验不但生产厂家必作,而且在科研领域里也是重要的课题。

实验目的是确定泵在工作范围内流量和汽蚀余量之间的关系,准确地找出断裂工况点。必作的流量点数及每个流量下 $NPSH$ 值的数目,应符合有关标准的规定。必须测试的参数为流量、扬程、转速、轴功率、 $NPSH$ 值、介质温度及当地大气压强值。

2. 内特性实验

内特性实验是指在泵和风机内部,特别是在叶轮流道内部进行的实验。如叶轮内流态、汽蚀机理和流体预旋理论的实验研究均属于内特性实验。通过内特性实验可以确定或改进泵和风机的内在性能。因此,它对泵和风机的设计、改造、运行、调节和节能都有重

要意义。

实验时主要测试叶轮流道内的压力场和速度场。但必须指出,测试参数在多数情况下是三维的,测试难度较大,对测试方法、仪器设备、测试技术等要求较高。所以,这一实验多为科研性实验。

3. 强度实验

泵和风机作为动力机械设备,必然存在着整体和部件的强度及寿命问题,因此需做强度实验,确定合理结构、检验部件应力情况,以便对强度计算进行验证和补充。实验方法是采用电测或光弹实验,从而取得应力、应力集中系数和应力分布等技术数据。

4. 其他实验

除上述实验外,还有能量平衡实验、密封实验、轴向力平衡实验和材料抗汽蚀实验等。这些实验是从不同的侧面,对泵和风机的性能及有关指标进行的测试,从而提高泵的密封性能和抗汽蚀性能,提高泵和风机的效率。

本书主要讨论外特性实验中的性能实验、汽蚀实验;运转实验中的振动实验和噪声实验;内特性实验只讨论流体进入泵和风机入口前的预旋实验。

第二节 实验方法

一、基本实验方法

实际的泵和风机都是在管路系统中工作的,其工作点的参数与泵和风机本身的特性有关,也与系统的特性有关。无论是泵和风机特性的改变,还是管路特性的改变,都将使泵和风机的工作点发生变化。结果,泵和风机的流量、扬程、轴功率、效率及其他一些特性参数也随之发生变化。利用这一原理,可采用两种基本方法对泵和风机进行测试。

1. 管路特性不变,改变泵和风机转速

这种方法是通过改变泵和风机转速来改变其特性的。由于管路特性不变,泵和风机工作点将随转速的变化而改变,如图1-1所示。

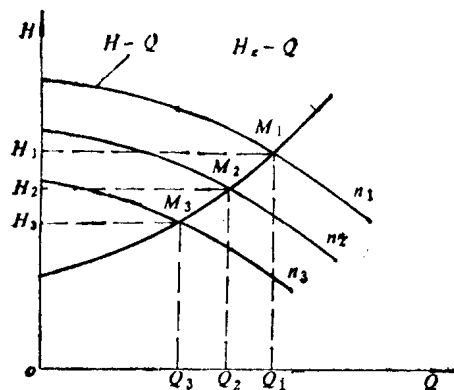


图 1-1 用变速方法改变工作点

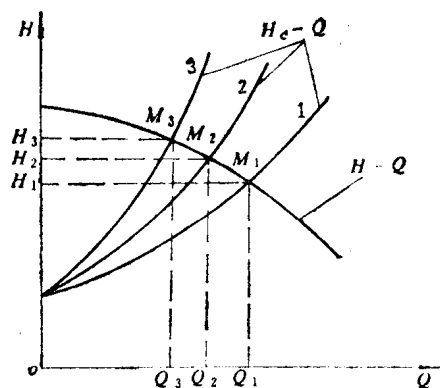


图 1-2 改变管路特性来改变工作点

当转速从 n_1 变到 n_2 时, 工作点从 M_1 变到 M_2 , 结果流量从 Q_1 变为 Q_2 , 扬程从 H_1 变为 H_2 。当然, 所对应之轴功率 P_a 和效率 η 也随之变化。

该法的关键是泵和风机必须能变速, 即要有一套变速装置。在发电厂多使用液力联轴器, 在实验室则使用直流电动机。实验时转速的变化应满足表1-4的要求, 否则将难以保持工况相似。这种方法主要用于运行调节实验。

2. 泵和风机转速不变, 改变管路特性

本方法是在保持泵和风机特性不变的条件下, 改变管路特性, 以达到改变泵和风机工作点的目的, 如图1-2所示。

当管路特性 H_c-Q 从1变化到3时, 工作点从 M_1 变到 M_2 , 结果, 流量、扬程、轴功率、效率也随之改变。

改变管路特性方法较多, 如改变管路阻力、输送介质的密度和粘度、吸水容器内的水位及压强等。多数实验都采用改变管路阻力的办法来进行, 其常用方法是节流, 即改变出口阀门开度。由于这种方法比较简单易行, 所以使用较多。一般的常规性能实验、汽蚀、振动、噪声、预旋等实验都采用此法。

二、实验方法细则

上述实验方法是原则性实验方法, 各类实验都可选用其中的一种, 或两种同时采用。但具体到某一种实验, 其实验方法、实验装置、仪器仪表、参数测试、精确度要求等又有很详细的规定, 实验时应按有关规定进行。

第三节 实 验 装 置

泵和风机实验都是在实验装置上进行的。各类泵的实验装置大致可分为闭式多功能实验台、开式多功能实验台和半开式实验台, 还有空气实验装置。风机的实验装置可分为进气实验装置、出气实验装置和进出气实验装置等。不同种类的实验和对实验水平的要求也不同, 可以采用上述不同种类的实验装置一种或几种。

泵实验国内一般多用闭式实验台和开式实验台; 空气实验装置主要用于科学研究方面的模型实验。风机实验则为风机的三种实验装置都可以采用。

一、泵实验装置

泵实验装置常用的有闭式和开式的两种实验台, 下面分别介绍这两种实验台的原理和优缺点。

1. 闭式多功能实验台

闭式多功能实验台的原理如图1-3所示。它的主要特点是实验液体不和外界大气接触, 自成一个闭合循环的回路系统。它有如下优点:

(1) 通用性强, 可以做一般性能实验, 也可以做汽蚀和能量实验。实验时可以采用冷水, 也可以采用热水, 还可以采用不同粘度和浓度的液体。

(2) 正常实验时可保证不产生汽蚀, 而作汽蚀实验时又有较好的产生汽蚀的条件。

(3) 可以采用量程重迭的并联测流量装置, 如图1-4所示, 扩大测量范围, 进行不

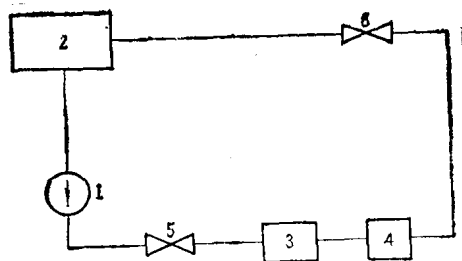


图 1-3 闭式多功能实验台

1—实验泵；2—吸入容器；3—稳流器；4—流量计；
5—出口阀；6—入口阀

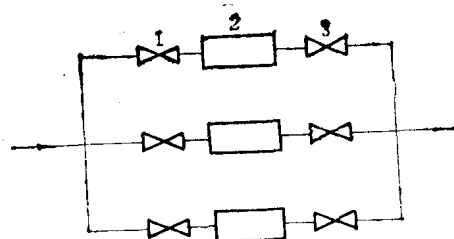


图 1-4 并联测流量装置

1, 3—阀门；2—不同量程流量计

同参数的系列泵实验。

这种实验台的缺点是：

- (1) 不能用重量法或容积法测流量。
- (2) 须考虑循环液体发热问题，增加必要的冷却散热装置。
- (3) 不能用于泥浆泵、灰渣泵一类的固-液混输泵的实验。

2. 开式多功能实验台

开式多功能实验台原理如图1-5所示。它的主要特点是上、下游水面是敞开的，并和大气相接触。

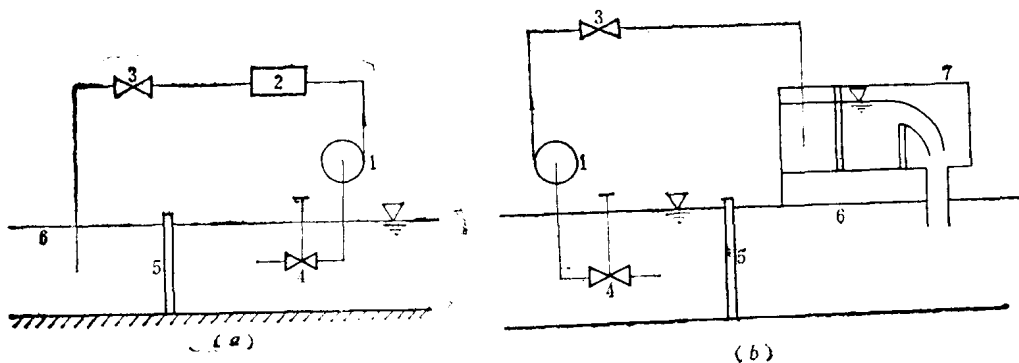


图 1-5 开式多功能实验台

(a) 用流量计测流量；(b) 用堰测流量

1—实验泵；2—流量计；3—出口阀；4—入口阀；5—稳流隔板；6—水池；7—堰

这种实验台的优点是可以用容积法测流量，还可以做泥浆泵一类的固-液混输泵实验，同时比闭式多功能实验台简单。缺点是不宜用热水或冷水以外的其他液体做实验，而且流量过大时堰的制作、安装及标定都较困难。

以上两种实验装置的设备、仪器仪表、管路、阀门附件、容器等，均须符合有关实验标准的规定。

二、风机实验装置

前述的三种风机实验装置，它们的进出口风管安装情况是不同的，流量和风压的测试方法与位置也不相同。下面介绍这三种不同实验装置的原理和特点，如图1-6、图1-7和图1-8所示。这三图中， p_{amb} 为大气压强， t_b 为环境大气温度， t_1 为风机入口气流温度， t_2 为风机出口气流温度， p_{s1} 为风机入口静压， p_{s2} 为风机出口静压， p_{s1} 为风管进口静压， p_{d1} 为风机出口动压， D_1 为进口风管直径， D_2 为出口风管直径。

1. 进气实验装置

图1-6所示的是风机进气实验装置。其特点是风机只装进气管（进口风管），并在进口端测流量和风压。此类装置用于抽气和引风系统的风机实验，如各类工厂的排气或排烟风机。

2. 出气实验装置

图1-7为风机出气实验装置。它的特点是风机只装出气管（出口风管），并在出口端测流量和风压。此类装置用于吹风和鼓风系统的风机实验。

3. 进出气实验装置

图1-8为风机进出气实验装置。其特点是风机装有进气管和出气管，并在进口端测流量，在出口端测风压。此装置用于风机进出口都有较长管路的风机实验，如带除尘器的排尘风机，带出风管的排烟风机。另外，电厂锅炉引风机前面往往安装除尘器，而鼓风机出口管又和空气预热器相连，所以它们实际上都属于有进出气管路的风机系统。

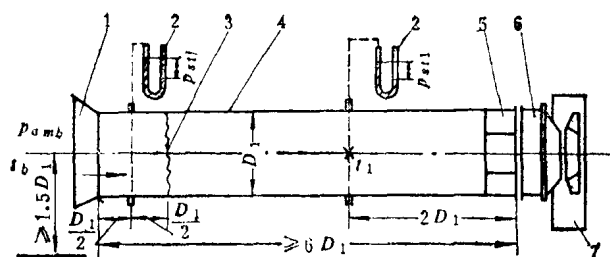


图 1-6 进气实验装置

1—集流器；2—压力计；3—节流器；4—进气管；5—整流栅；6—锥形接头；7—风机

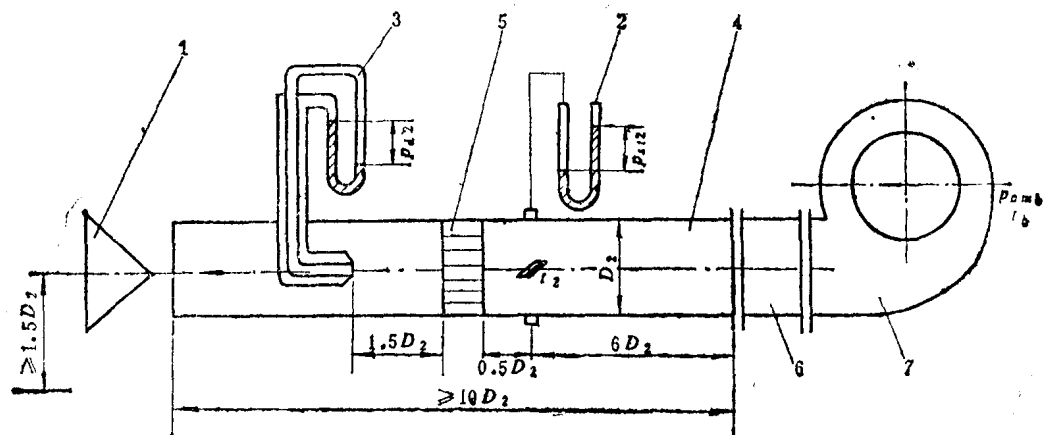


图 1-7 出气实验装置

1—锥形节流器；2—压力计；3—复合测压计；4—出气管；5—整流栅；6—锥形接头；7—风机

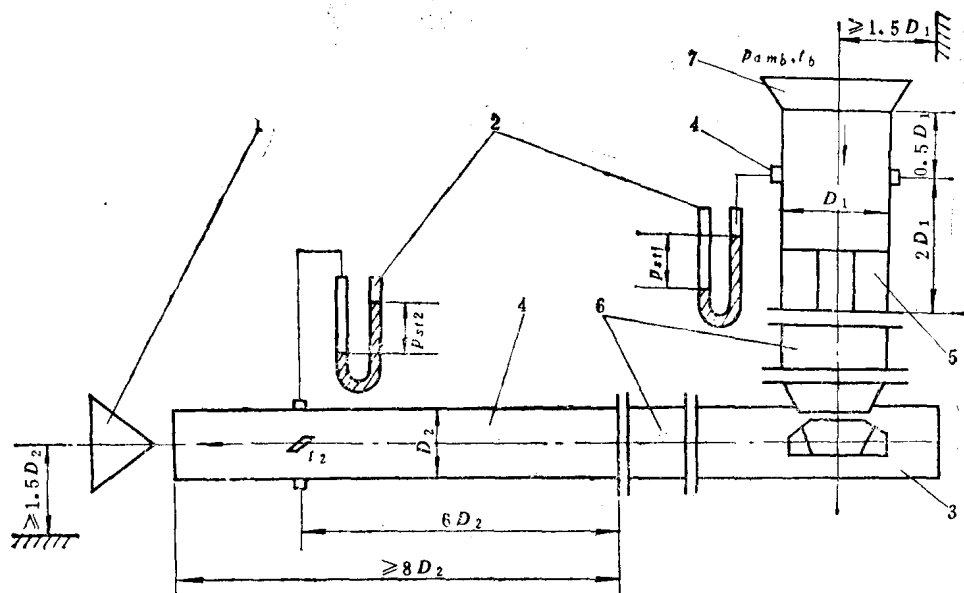


图 1-8 进出气实验装置

1—锥形节流器；2—压力计；3—风机；4—风管；5—整流栅；6—锥形接头；7—集流器

三、泵和风机实验的综合测试系统简介

生产力的高速发展和科学技术水平的提高，对泵和风机的实验提出了更高的要求，特别要求使用先进的测试技术，以获得高精度的测试结果。因而出现了采用高精度测试仪器和电子计算机的综合测试系统。它的主要特点是在实验装置中应用先进的仪器仪表及转换装置，并使用计算机及其外部设备进行自动检测、操作和数据处理。从而达到了实验速度快、精确度高，并且基本上消除了因设备及实验人员自身素质造成的不良影响。因此，这种测试系统随着计算机的发展而日益得以普及。其详细情况，可参阅文献[1]。

四、建立实验装置的几个问题

(1) 目前实验台的等级分为A、B、C三级，是和实验等级相对应的。实验台等级主要根据其制作水平、安装精确度、测试仪器仪表精确度等来确定。对不同等级的实验台其具体规定和要求，可参阅文献[5][6]。

(2) 实验装置中的各种设备、阀门附件的计算及制作安装，在有关标准及文献中都有具体的要求，但须结合实际情况进行计算，避免生搬硬套和追求不必要的高要求。

(3) 选用仪器仪表是建立实验装置的关键，它既决定实验装置的精确度，又直接影响实验装置的投资。因此，要详细计算，多方比较，并结合已有的经验进行认真地选择。但由于仪器仪表种类繁多，技术性能和使用要求各不相同，这就给合理选用带来一定的困难。为此，在实际选用时，可参照第三章和第四章实验中使用的仪器仪表进行。

(4) 前述的实验装置只是对常规实验而言，对于有特殊要求的实验，还应在必要的环节上对实验装置加以改造和增减设备，其中包括设备、仪器仪表的调整及测试技术的改进。如做振动实验和噪声实验时，就须考虑泵和风机基础的隔振和原动机的隔音；用热水

做实验时须有换热设备；泵和风机输送的介质，如果含有固体颗粒，实验时还须加装滤网、搅拌等设备和改换相应的测试仪表。详见本书第三、四章。

第四节 实验的一般要求

实验的一般要求包括三个方面：即实验用流体必须具备的性质和要满足的条件；对转速差的规定；对设备和仪器仪表的要求。这些要求实验时必须作到，否则就不能保证实验的精确度。

一、使用的流体

实验时，泵使用液体，风机使用气体。所用的液体或气体的性质包括温度、密度、粘度和固形物含量等，这些指标都必须满足要求，否则是不能进行实验的。

1. 泵实验用液体

泵实验用液体的温度、密度、粘度及固形物含量等指标，应根据不同实验进行选取。绝大多数泵都可用水作为实验用液体；输送粘稠液体的泵，可使用矿物油、甘油，或水和甘油的混合物作为实验用液体；泥浆泵一类的杂质泵，则可用含有固体颗粒的液-固混合物作为实验用液体。

实验用水的温度界限应满足表1-1的要求。常温清水特性如表1-2。

表 1-1 水 温 界 限

水的状态	冷水	温水	热水	高温热水	过热水
温度 (°C)	<30	30~50	50~80	80~105	>105

此外，做泵的汽蚀实验和科研性实验时，应将水除气，否则实验结果的精确度会受到影响。使用水做泵实验所得到的结果，可以有条件地推广到使用其它液体的泵上去，其他液体条件如表1-3。

表 1-2 常温清水的特性

特 性	单 位	最 大
温 度	°C	40
运动粘度	m ² /s	1.75×10^{-6}
密 度	kg/m ³	1050
不吸水的游离固体含量	kg/m ³	2.5
溶解于水的固体含量	kg/m ³	50

注 水中溶解气体和游离气体的总含量(容积)：
对于开式回路，不应大于对应泵吸水池中温度和压力下的气体饱和容积；
对于闭式回路，不应大于对应罐中的温度和压力下的气体饱和容积。

2. 风机实验用气体

风机实验一般都使用当地大气压下的干净空气。

表 1-3 推广液体的指标界限

液 体 性 质	最 小 值	最 大 值
粘 度 (m ² /s)	不 限	10×10^{-6}
密 度 (kg/m ³)	450	2000
固 形 物(kg/m ³)		5

二、转速要求

实验时，泵和风机的实际转速和规定转速不可相差太大，否则得到的实验结果是不能使用的。

1. 泵实验的转速规定

实验转速 n 和规定转速 n_p 之差用百分数表示如下：

$$\Delta n = (n - n_p) / n_p \times 100\% \quad (1-1)$$

实验时， Δn 应符合表1-4的规定。

2. 风机实验的转速规定

实验转速 n 和规定转速 n_p 之比的允许值为

$$n_p / n = 0.5 \sim 2.0$$

表 1-4 泵的转速差允许值

测 量 参 数	$\Delta n(\%)$	
流量、扬程	$\pm 20 \sim 50$	
泵 效 率	± 20	
汽蚀实验	± 20	$Q/Q_c^{①} = 0.5 \sim 1.2$

① Q 为泵的实际流量； Q_c 为泵的设计流量。

表 1-5 测量仪表的容许系统误差

测 定 量	容 许 范 围 (%)	
	B级	C级
流 量	± 1.5	± 2.5
扬程(或风压) 轴 功 率	± 1.0	
原动机输入功率 (对机组效率试验)		± 2
转 速	± 0.2	± 1.0

三、对设备和仪器仪表的要求

实验用设备、仪器和仪表应认真选择，仔细校准，并和国家标准进行比较，确认其测量误差没有超过表1-5的规定值时，方可使用。

第二章 数据采集、处理、误差规定

实验数据的采集方法和位置,将直接影响实验结果的准确性,因此必须遵守有关规定,正确采集实验数据,以保证原始资料的完整和准确。实验数据只有通过加工处理、分析提高,才能上升为理论,因此掌握正确的数据处理方法和手段,对于学生基本技能的训练尤为重要。实验过程中由于存在仪器设备本身及人员造成的误差,所以实验结果只能达到一定的精确度,也就是要有误差。本书只对误差和精确度给出一般的概念及其在实验中的具体应用,较深的误差理论可参考有关专门论著。

第一节 实验数据采集

测取实验数据,是实验的关键环节之一,它关系到实验的成败和成果的可靠程度。各种数据的采集地点、方法及对设备和仪器仪表前后直管长度的要求等,必须按规定进行。

本节主要阐述:做泵和风机实验时,使用的设备和仪器仪表前后的有关直管长度的规定;

对取压孔与均压环的要求;测量动压、温度、噪声和振动时对测点布置的要求,以及测取实验数据的原则要求等。至于具体的实验数据采集方法,测取哪些参数等,放在各个实验中讨论,本节不重复叙述。

一、泵实验使用设备和仪器仪表前后的直管长度

1. 泵进出口的直管长度

如图 2-1 所示,泵从水池或容器中吸水时,其吸入口的直管长度 L_1 、 L_2 和出口的直管长度 L_3 应满足表 2-1 的要求。

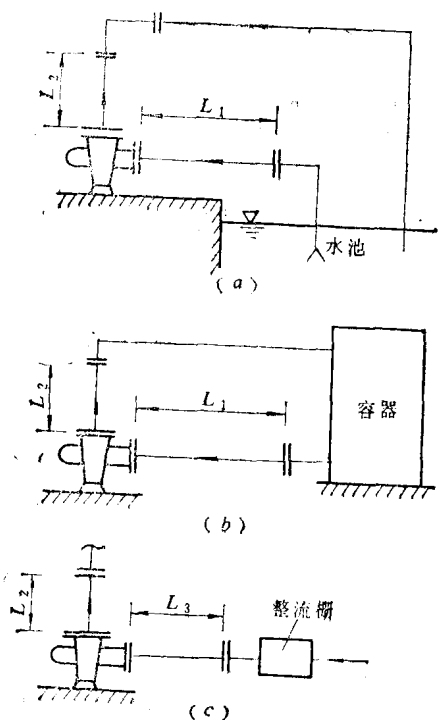


图 2-1 泵进出口的直管长度

(a)从水池吸水; (b)从容器吸水; (c)带整流栅

表 2-1 直管长度

实验等级	L_1	L_2	L_3
B 级	$\geq 15D$	$\geq 5D$	$\geq 4D$
C 级	$\geq 4D$	$\geq 4D$	

注 D 为管道内径。

2. 流量测量仪表前后的直管长度

安装在管道中的各种仪表，其前后都应有不变径的直管段，如图2-2(a)所示。如果某些仪表有特殊的要求，应满足其说明书中的要求。

3. 整流器前后的直管长度

当采用节流装置测量流量时，一般在节流件下游设置调节阀以调节流量。如果需要在节流件上游设置调节阀调节流量时，应在节流件和调节阀间设置整流器。其上下游直管段要求如图2-2(b)所示。

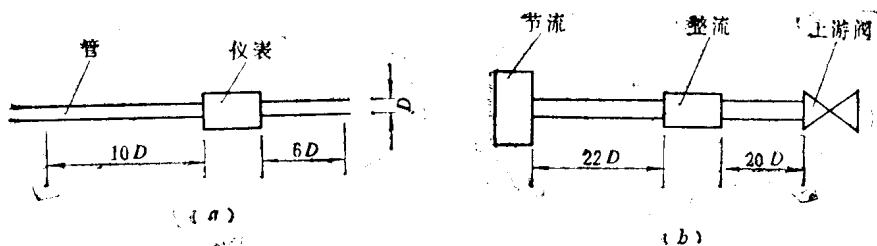


图 2-2 仪表和整流器前、后的直管长度
(a) 仪表前后直管长度；(b) 整流器前后直管长度
 D —管道内径

二、取压孔与均压环

泵和风机实验的取压孔有所不同，但均压环都是一样的。

1. 泵实验取压孔的制作

取压孔应按图2-3的要求制作。制作规定，孔中心线应垂直于管的内壁面，边缘不得有毛刺，周围光滑平整。

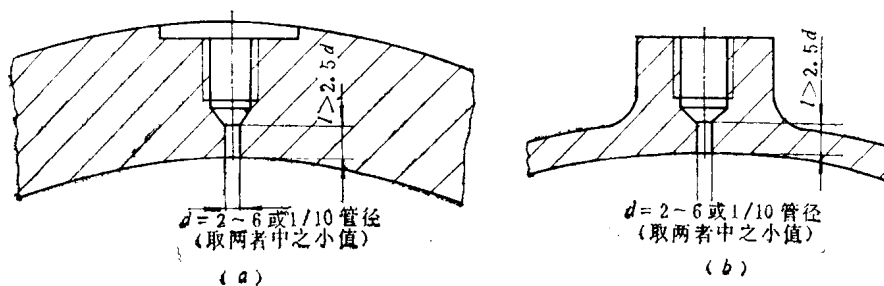


图 2-3 取压孔的要求
(a) 厚壁管件；(b) 薄壁管件

2. 泵实验取压孔的位置

吸入端取压孔设置于离泵的吸入口法兰 $2D$ (D 为管道内径)的上游管段处，压出端取压孔应设置在离泵的出口法兰 $2D$ 的下游管路上。

3. 风机实验的取压孔

风管壁上测压用的圆孔应垂直于风管壁，其周围应平滑无毛刺，孔径为 $2 \sim 3 \text{ mm}$ ，接头内径为 $6 \sim 10 \text{ mm}$ 。为了测试的准确性，在同一截面的管壁上，平均分布钻孔 $3 \sim 4$ 个，并使它们互相连通，再用一总管与压力计连接。

4. 均压环

对于泵和风机的A、B两级实验台，在取压位置的管段上，同一截面沿圆周对称开设四个取压孔，然后通过短管和旋塞与均压环连在一起，压强表又和均压环连接，以测取平均压强。均压环的结构与连接方式如图2-4所示。取压孔与均压环连接的短管内径不应小于取压孔的孔径，而均压环的截面积不应小于所有取压孔截面积之和。

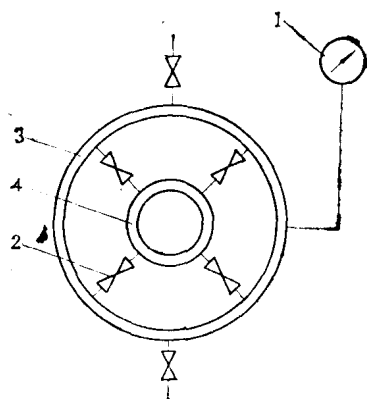


图 2-4 均压环

1—压强表；2—旋塞；3—均压环；4—管道

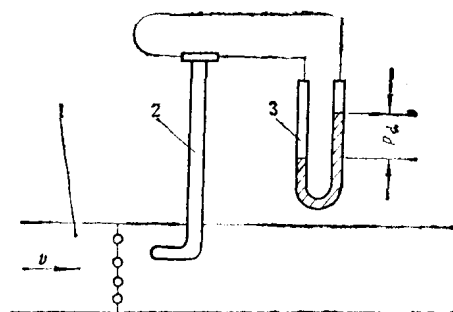


图 2-5 用皮托管测动压

1—风管；2—皮托管；3—测压计

三、风机实验压力及温度测点布置

风机实验时，压力及温度的测点位置的设置及要求如图1-6、图1-7和图1-8所示。当使用皮托管测量断面上的动压时，皮托管的安装如图2-5所示，断面上测点布置如图2-6所示。

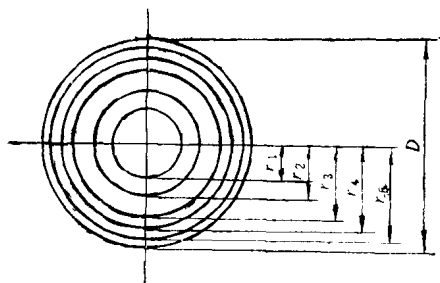


图 2-6 测点的布置

测点沿风管断面竖直和水平两个方向布置。根据标准规定，风管直径 $D \leq 400\text{mm}$ 时，在纵方向布置10个测点； $D > 400\text{mm}$ 时，应在纵和横两个方向各布置10个测点，其尺寸列于表2-2中。

四、振动和噪声测量的测点布置

1. 离心泵振动测量的测点布置

离心泵振动测量的测点应布置在轴承体外壳、泵壳和泵脚等处，并应进行轴向、水平（横向）和垂直三个方向的测量，如图2-7所示。

2. 离心泵噪声测量的测点布置

离心泵噪声的传声器应放在向着泵几何中心的直线上，并距泵体表面1m远处，高度和泵轴心高度相同，如图2-8所示。如果泵轴心高度离地面不足1m时，传声器的高度取为1m。

3. 风机噪声测量的测点布置

测量风机噪声的测点布置有下列四种情况：

（1）出气实验风机做出气实验时，在其出口接管道，应测量风机进口辐射的噪声，