

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材

QUANGUO TEZHONG ZUOYE RENYUAN ANQUAN JISHU PEIXUN KAOHE TONGBIAN JIAOCAI

主扇风机操作工

ZHU SHANFENGJI CAOZUOGONG

国家经贸委

安全生产局 / 组织编写



气象出版社

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材

主扇风机操作工

国家经贸委安全生产局组织编写

编写：韦鸣瑞 肖慧儒 崔景林
审稿：周焕明 胡明红 杨汉华

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

主扇风机操作工/国家经贸委安全生产局组织编写.
北京:气象出版社,2002.3

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材

ISBN 7-5029-3323-9

I. 主... II. 国... III. 矿山通风;机械通风-通风设备-技术培训-教材 IV. TD724

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 012402 号

内容简介

本书从加强矿山特种作业人员安全技术培训工作出发,根据《矿山特种作业人员安全操作资格考核标准》对主扇风机操作工的要求,全面介绍了矿山通风机的基本理论、安全操作和维护管理技术,旨在提高主扇风机操作工的安全意识、责任感和实际操作技能以及处理事故的能力,使矿山特种作业人员的素质得到全面的提高。本书内容包括概论,通风机的基本理论,通风机的构造及性能参数,通风机的调节与联合运转,通风机的反风,矿井通风设备的安装,通风机的噪声控制,通风机防瓦斯爆炸的安全要求,矿井通风机装置性能的测定,矿井通风系统,多级机站通风与井下风机的选用,矿井通风机的操作运行、维护保养与安全管理,并附有事故案例分析及防范措施。

本书主要作为主扇风机操作工的安全操作资格的培训教材,亦可供检修、管理及有关工程技术人员参考。

气象出版社 出版

(北京市中关村大街46号 邮编:100081 电话:62175925)

责任编辑:刘乃民、成虎、纪乃晋

封面设计:刘 扬 责任技编:陈 红 责任校对:宋春香

北京市兴环印刷厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本:850×1168 1/32 印张:3.875 字数:100千字

2002年3月第一版 2002年3月第一次印刷

印数:1—5000 定价:9.50元

前 言

电工作业、金属焊接切割等一些特种作业容易发生伤亡事故，对操作者本人、他人及周围设施、设备的安全造成重大危害。从统计资料分析，大量的事故都发生在这些作业中，而且多数都是由于直接从事这些作业的操作人员缺乏安全知识，安全操作技能差或违章作业造成的。因此，依法加强直接从事这些作业的操作人员，即特种作业人员的安全技术培训、考核非常必要。

为保障人民生命财产的安全，促进安全生产，《劳动法》、《矿山安全法》、《消防法》等有关法律、法规作出了一系列的规定，要求特种作业人员必须经过专门的安全技术培训，经考核合格取得操作资格证书，方可上岗作业。原劳动部曾制定了相应的培训考核管理规定和培训考核大纲，并编写了特种作业人员培训考核统编教材，对推动此项工作发挥了重要作用。1998年国务院机构改革后，原劳动部承担的职业安全监察、矿山安全监察及安全综合管理职能划入国家经贸委。为适应社会主义市场经济的发展和劳动用工制度改革、劳动力流动频繁的新形势，防止各地特种作业人员实际操作水平的参差不齐，避免重复培训、考核和发证，减轻持证人员的负担和社会的总体运营成本，统一规范特种作业人员的培训、考核工作，国家经贸委发布了《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》（国家经贸委令第13号），在全国推广使用具有防伪功能的IC卡《中华人民共和国特种作业操作证》，实行统一的培训大纲、考核标准、培训教材及证件。

为此，在总结经验并广泛征求各方面意见的基础上，国家经贸委安全生产局组织有关单位的专家、技术人员编写了这套教材。本套教材包括：《电工作业》、《金属焊接与切割作业》、《厂内机动车辆驾驶员》、《起重机司机》、《起重司索指挥作业》、《小型制冷与空调

作业》、《工业制冷与空调作业》、《信号工、捆罐工》、《矿井泵工》、《矿井通风工》、《主扇风机操作工》、《主提升机操作工》、《绞车操作工》、《带式输送机操作工》、《矿用机车司机》、《铲运机司机》、《矿用汽车驾驶员》、《尾矿工》、《安全检查工》等近 20 种教材,由罗音宇、王红汉、张静、徐晓航、曲世惠主编,闪淳昌、杨富、任树奎主审。

本套教材在编审过程中,得到了武汉安全环保研究院、天津市劳动保护教育中心、河南省劳动保护教育中心、北京市事故预防中心、青岛市安全生产监督管理局、武钢矿业公司、大冶有色金属公司、鲁中冶金矿业公司、淮南矿务局、大冶铁矿、铜录山铜矿、梅山铁矿、马钢南山铁矿、南芬铁矿、鸡冠咀金矿、湖北省经贸委安全生产处、湖南省经贸委安全生产处、山东省安委会办公室等单位的大力支持,在此,谨对上述单位表示谢意。

本套教材介绍了特种作业人员必须掌握的安全技术知识,包括基本理论知识和实际操作技能,融科学性、实用性、系统性于一体,是特种作业人员上岗前,为取得《中华人民共和国特种作业操作证》进行安全技术培训的指定教材,也是上岗后不断巩固、提高的工具书,同时也可供有关管理人员、工程技术人员及大专院校师生参考。

《主扇风机操作工》由韦鸣瑞、肖慧儒、崔景林编写,并由周焕明、胡明红、杨汉华等同志审稿。编写过程中得到首都经贸大学杨有启教授具体的指导并提供了内容。

国家经贸委安全生产局

2000 年 12 月

目 录

前言

第一章 概论	(1)
第二章 通风机的基本理论	(3)
第一节 风流的基本性质	(3)
第二节 通风机的工作原理	(6)
第三章 通风机的构造及性能参数	(15)
第一节 通风机的构造	(15)
第二节 通风机主要性能参数	(33)
第三节 矿井通风机和通风网络的性能曲线	(34)
第四节 通风机参数的比例定律	(39)
第四章 通风机的调节与联合运转	(42)
第一节 通风机的调节	(42)
第二节 矿井总风量的调节	(46)
第三节 通风机联合运转	(48)
第五章 通风机的反风	(53)
第一节 矿井主要通风机(主扇)的布置	(53)
第二节 矿井通风设备的反风装置	(54)
第六章 矿井通风设备的安装	(57)
第一节 安装前的准备工作	(57)
第二节 轴流式通风机的安装	(62)
第三节 联轴节安装	(63)
第四节 离心式通风机安装	(66)
第五节 主扇通风机的试运转	(67)
第七章 通风机的噪声控制	(71)
第一节 通风机噪声产生的原因	(71)
第二节 通风机的噪声特性	(72)

第三节	通风机噪声的控制	(74)
第八章	通风机防瓦斯爆炸的安全要求	(79)
第一节	主要通风机	(79)
第二节	局部通风机	(80)
第九章	矿井通风机装置性能的测定	(81)
第一节	工况调节	(81)
第二节	参数测定	(82)
第三节	测定步骤	(84)
第四节	通风机装置实测特性曲线的应用	(88)
第十章	矿井通风系统	(90)
第一节	统一通风与分区通风	(90)
第二节	进风井与回风井的布置	(91)
第三节	通风方式和主通风机安装地点	(91)
第四节	通风网路	(92)
第十一章	多级机站通风与井下风机的选用	(94)
第一节	多级机站通风系统的特点	(94)
第二节	各级机站的通风机选取	(95)
第十二章	矿井通风的操作运行、维护保养与安全管理	(97)
第一节	矿井通风管理规程	(97)
第二节	主扇风机操作工岗位管理制度(岗位责任制) ...	(99)
第三节	主扇风机的操作、运行与维护	(101)
第四节	矿用轴流式通风机检修规程	(108)
第五节	主扇风机一般常见故障及原因	(111)
第六节	主扇风机事故案例分析	(113)

第一章 概 论

矿井通风的作用就是不断地向井下各个作业地点供给足够数量的新鲜空气,稀释并排出各种有害、有毒及放射性气体和粉尘,调节井下空气的温度和湿度,保持井下空气有合适的气候条件,给井下工作人员造成一个良好的工作环境,以便不断提高劳动生产率。

矿井内常见的对安全生产威胁最大的有毒气体有:一氧化碳、二氧化氮、二氧化硫、硫化氢等等。

这些有毒、有害气体的来源的主要途径是:爆破时所产生的炮烟、柴油机工作时所产生的废气、硫化矿物的氧化、井下燃火、瓦斯和煤粉爆炸、井下涌出的沼气,由于地热作用和机电设备散发的热量等等。

矿井的通风安全工作是保护工人安全健康、促进采矿工业高速发展的一个很重要的方面。我们党和国家在生产建设中一贯坚持安全生产的方针,国务院颁布了“关于防止厂、矿企业中矽尘危害的决定”以及其他劳动保护法令和安全规章制度,建立了各级劳动保护组织机构和研究机构。近年来,随着不断地改革开放,我国矿山安全生产面貌得到了很大的改善。矿井通风方面的科学技术,经过不断革新和充实,已经形成一个较为完整的体系。

我国矿山安全规程对矿井内污浊空气有以下规定:

矿内空气中氧含量不得低于 20%;

有人工作或可能有人到达的井巷,二氧化碳不得大于 0.5%,总回风流中,二氧化碳不超过 1%;

矿井内空气中一氧化碳浓度不得超过 0.0024%(按体积计算),按重量计算不得超过 0.03 毫克/升。爆破后,通风机连续运转

条件下,一氧化碳的浓度降至 0.02%时,就可以进入工作面;

井下空气中氮氧化合物不得超过 0.00025%;

井下空气中硫化氢含量不得超过 0.00066%;

井下空气中二氧化碳含量不得超过 0.0005%;

作业场所空气中粉尘允许浓度:含游离二氧化矽大于 10%者,不得超过 2 毫克/米³;小于 10%者,不得超过 10 毫克/米³;

采掘工作的空气干球温度不得超过 27℃;热水型矿井和高硫矿井的空气湿球温度,不得超过 27.5℃;

矿井通风系统的有效风量率不得低于 60%;

矿井工作场所放射性气体氡在空气中的最大允许浓度为 1×10^{-10} 居里/升,氡子体的潜能值不超过 1×10^4 兆电子伏/升。

为了不断提高矿山通风机操作人员的技术水平和管理水平,了解矿井主要通风设备的基本理论知识,本书在以后的章节中将重点介绍通风机的结构和工作原理性能、通风系统的附属设施、操作、维修及故障处理方法,并对矿山通风机的现场测定方法作相应的介绍。

第二章 通风机的基本理论

第一节 风流的基本性质

一、大气压力

在地球的表面,空气的流动产生的气流就是风。由于各地海拔高度、温度和湿度的不同,形成了有的地方气压高,有的地方气压低。空气是从气压高的地方流向气压低的地方,气压的高低差就是引起空气流动的原因。这种空气流动的现象就是风流。

在一条水平巷道的两端,若空气压力不同,就会产生风流。但在倾斜及垂直巷道的两端,由于空气具有不同的能量,仅用空气压力的大小说明风流的运动方向就不够确切。而矿井空气流动是从能量大的一端流向能量小的一端,这就是风流运动的必要条件。

矿井通风是借助于通风机压力驱动空气流动,供给井下通风空间足够的风量。

单位体积空气所具有的质量称为空气的密度。当温度为 20°C 、相对湿度 50% 、绝对压力为 760 毫米汞柱、重力加速度为 9.807米/秒^2 时,干燥空气的状态称为大气的标准状态。在标准大气状态下空气的密度为 1.293公斤/米^3 ,也就是说每一立方米空气的重量在标准状态下只有 1.293 公斤,它对地面产生的压力叫做大气压力。

我们来做一个有关大气压力的实验。如图 2-1 所示。

把装满水银的玻璃管倒立在水银中,这时玻璃管中的水银下降到 760 毫米高度并不继续下降。这是因为玻璃管上端是真空状

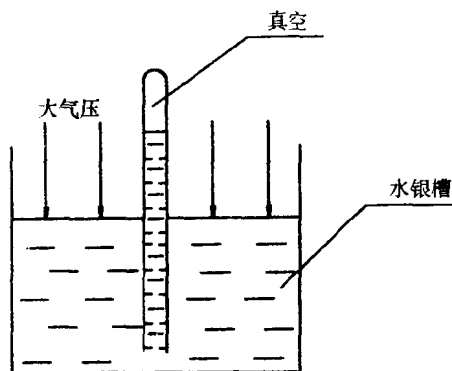


图 2-1

态,没有空气压力,而水银槽的水银面上却作用着大气压力的缘故。这也说明大气压力可以支持 760 毫米水银高度,玻璃管内水银柱的压力和大气压力相等,并保持了平衡。这就是前面所说的,在标准状态下,一个标准大气压用水银柱表示的高度。同理,也可以用水来表示它的高度。通过实验证明:压力是可以用液柱来表示的。可以写成:

$$1 \text{ 标准大气压} = 760 \text{ 毫米汞柱} = 10336 \text{ 毫米水柱}$$

通风机的压力,就是利用水柱高度来表示的,称为毫米水柱 (mmH_2O)。

二、矿井通风压力

1. 矿井风流的点压力

(1)静压。空气的静压是气体分子间的点压力或气体分子对容器壁所施加的压力。所以,空气中某一点的静压在各个方向都相等。

静压有绝对静压与相对静压之分。绝对静压是以真空状态为零点计算的压力,某点绝对静压的值,就是该点空气压力的真实值,因为绝对静压总是一个大于零的值。

矿井通风中所说的空气压力都指的是压强,即单位面积上的压力。

矿井通风中常使用的静压一般是相对压力,就是以当地大气压力为计算基准的静压差。这个差值往往是由于通风机械或某种自然力所造成的。因而,相对静压所表示的不是该点压力的真实大小,而是该点的真实压力与当地同一标高大气压力之差,所以其值可为正,亦可为负。

(2)动压。空气流动时,施加于与风流垂直的平面上的压力除静压外,还有动压。动压的大小与风流的运动速度有关。

只有运动的风流才有动压,静止的空气没有动压,并且动压永远是大于零的值。

(3)全压。风流的全压是该点的静压和动压的叠加。这里值得指出的是,静压和动压的叠加不单纯是一种计算方法,而且显示了两者的内在联系。这两种压力实际是空气具有两种不同形式的能量,在一定条件下,这两种形式的能量可以互相转化。全压则表示这两种能量之和。

2. 矿井风流的压差

空气在全压的作用下沿着一定的通道,向能量低的地方运动,并在运动过程中消耗本身的能量。从这个意义上讲,压差是产生风流的原因。所谓压差,就是风流中不同断面上两点的总能量差。上风点的能量必定大于下风点的能量。如果管道中两个不同断面的能量相等,则不产生风流。

风流中任意一点必须具有三个能量:静压、动压、相对于某一水平的位能。

观察图 2-2 中,a、b、c 三个 U 型管的水柱变化现象。

(1) a 两端管都承受同样的大气压力,玻璃管两端液面保持同样的水平。

(2) b 从管一端用嘴向管内吹气,这时吹气一端管内液面承受的压力增大,两液面不能保持水平,另一端液面就要升高,两液

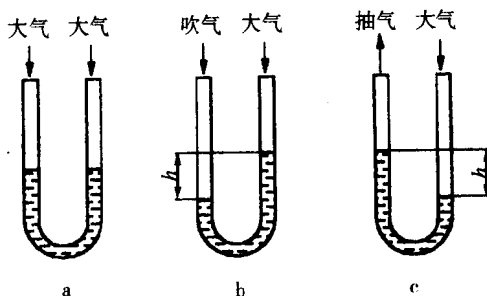


图 2-2 用 U 型管表示压差

面产生高度差 h 。

(3) c 从管的一端用嘴抽气,这时抽气管内液面承受的压力变小,两液面不保持水平,也产生一个高度差 h 。

由上面的现象可以看出,液面高度差 h 是因为两液面上所承受的压力不同而造成的。管内液面受到的压力越大,液面就越低,反之,管内液面受到的压力越小,液面就越高。

矿井空气流动,就是利用通风机造成压差,达到通风的目的。

第二节 通风机的工作原理

矿用通风机按其用途可分为三种:(1)用于全矿井或矿井某一翼(区)的,称为主扇(主力扇风机);(2)用于矿井通风网路内的某些分支风路中借以调节其风量、帮助主扇工作的称为辅扇(辅助扇风机);(3)用于矿井局部地点通风的,它产生的全压几乎全部用于克服它的连接的风筒阻力,称为局扇(局部扇风机)。

矿用通风机按其构造原理可分为离心式与轴流式两大类。

一、离心通风机工作原理

图 2-3 是离心通风机构造简图。

气体在离心风机内的流动方向是:从进风口沿轴向进入叶

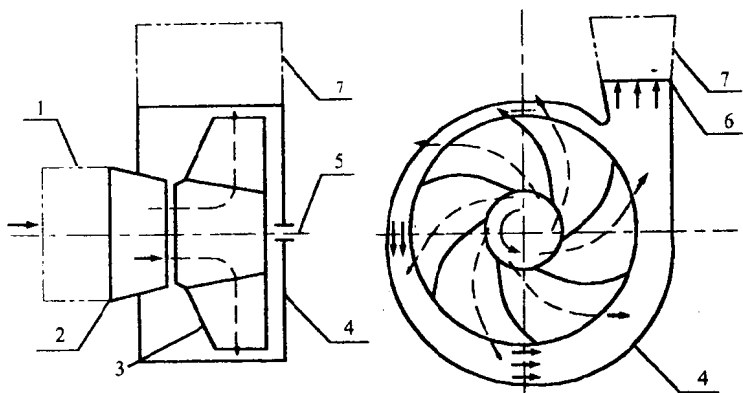


图 2-3 离心通风机构造简图

1. 进气室 2. 进气口 3. 叶轮 4. 蜗壳 5. 主轴 6. 出气口 7. 出口扩压器

轮,随着叶轮流道的改变,气流又从径向出叶轮,在这个流动过程中,风压和流速不断增大,气流汇集在螺旋形机壳中,气流速度下降而压力上升,最后经过锥形扩散器排入大气。

离心通风机的工作原理:已知气体在离心通风机中的流动先为轴向,后转变为垂直于通风机轴的径向运动,当气体通过旋转叶轮的流道间,由于叶片的作用,气体获得能量,即气体压力提高和动能增加。当气体获得的能量足以克服其阻力时,则可将气体输送到高处或远处。

离心式通风机是靠旋转的叶轮产生的离心力作用增加压力的。由于离心力作用气流被甩到叶轮出口,这时叶轮的入口产生负压,在大气压力作用下气流不断由进风口继续进入叶轮,在叶轮中气流获得高速度,在经过螺旋形机壳时,因为断面不断扩大使气流速度逐渐降低,压力继续增大,在气流到达扩散器出口时,气流具有的压力基本上和大气压相等。由此可见,通风机内的气流压力是低于大气压的。通风机的作用就是把低于大气压力的气流吸进去,经过叶轮又给气流增加了压力,然后排向大气。如此不断地吸、排,以达到输送空气的目的。如果能制造足够长度的扩散器,则排向大

气的空气压力就完全和大气压力相等。

在气流从进风口到达扩散器出口的流动过程中,叶轮是增加压力的唯一部件。当原动机拖动叶轮旋转时,叶轮就对气体做功,使气体获得能量(静压和动能),气体离开叶轮后仍具有一定的速度进入蜗壳,在蜗壳中速度降低,将部分动能转变为静压而离开通风机。蜗壳、扩散器的作用是减低气流的动压,增加静压以避免叶轮产生的高速气流直接排出大气而造成损失。

叶轮是一个使气体获得能量的重要部件。不同叶片型式对压力有着不同的影响。离心式通风机叶轮的叶片可以分为三种不同类型。它是按照叶片出口安装角度大小和叶片几何形状来决定的。叶片的三种形式如图 2-4 所示。

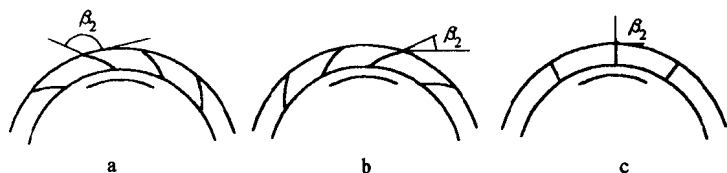


图 2-4 叶片的三种形式

(1)前向叶片。叶片出口安装角 $\beta_2 > 90^\circ$ 。它分为一般前向叶片和多翼式前向叶片。产生的理论压头最大,动压占的比例大,损失也大。

(2)后向叶片。叶片出口安装角 $\beta_2 < 90^\circ$ 。它分为曲线形后向叶片和直线形后向叶片。产生的理论压头最小,静压的比例大,动压占的比例小,损失也小。

(3)径向叶片。叶片出口安装角 $\beta_2 = 90^\circ$ 。一般有径向出口叶片和径向直叶片。产生的理论压头介于前向叶片和后向叶片之间。

通过比较可以看出,在其他条件相同时三种叶片形式的比较结果:

从气体所获得的压力看,前向叶片压头最大,径向叶片居中,后向叶片最小。

从效率观点看,后向叶片损失最小,故效率最高,径向叶片介于前、后向叶片之间,前向叶片损失最大,故效率最低。

从结构尺寸看,在流量和转速一定时,达到相同的压力前提下,前向叶轮直径最小,径向叶轮稍次,后向叶轮直径最大。

因此,大功率的通风机一般用后向叶片较多。后向叶片的通风机效率高,压头特性曲线平缓稳定,这对两台通风机的并联运转非常有利。如果对通风机的压力要求较高,而转速或圆周速度又受到一定限制时,则往往选用前向叶片。如果从磨损和积垢角度看,选用径向直叶片较有利。

图 2-5 是叶片形状图。a 为平板型, b 为圆弧板型, c 为机翼型。平板型制造最简单,但效率较低,一般很少应用。机翼型制作较复杂,但效率高,应用广泛。

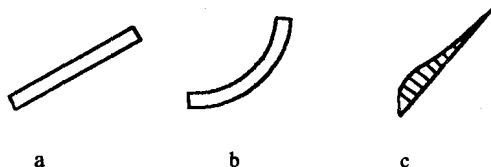


图 2-5 叶片形状图

二、轴流通风机的工作原理

轴流通风机与离心通风机一样,由于叶片与气流相互作用而产生压差,使空气沿轴向流动。

图 2-6 是轴流通风机构造简图。气流从集风器进入,通风叶轮使气体获得能量,然后流入导叶,导叶将一部分偏转的气流动能变为静压能,最后通过扩散筒将一部分轴向气流的动能转变为静压能,然后从扩散筒流出,输入管路。

1. 气体的绕流和升力效应

工程中常见到气体绕物体的流动,简称绕流。研究绕流问题的目的,就是研究作用在物体周围的气流速度、压力等的变化情况。

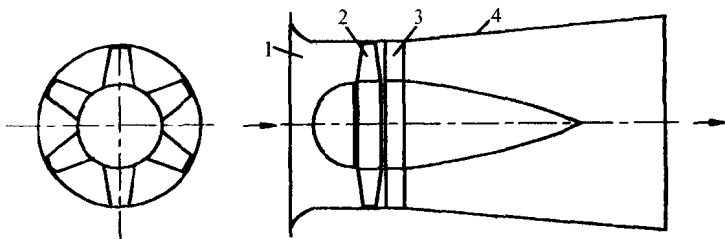


图 2-6 轴流通风机构造简图

1. 集风器 2. 叶轮 3. 导叶 4. 扩散筒

首先我们来看一个理想流体流过静止圆柱体的情况。如图 2-7a 所示：

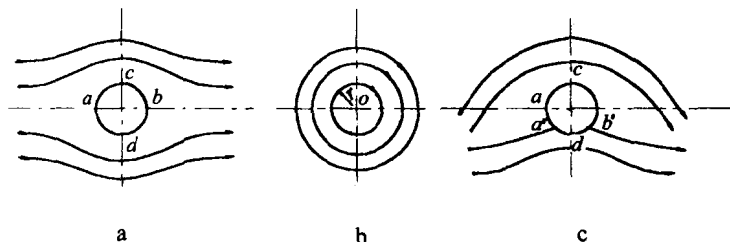


图 2-7 理想流体流过圆柱体

流体在流近静止圆柱体前，是一组均匀的平行流线，当流体流近圆柱体时，由于圆柱体的阻碍，使流线逐层发生弯曲。绕过 c 、 d 点后，鉴于理想流体没有粘性，不会产生附面层分离，因此流线又合拢。因为圆柱体是一对称物体，圆柱体并不受任何作用，即使对于实际流体，也只会产生平行于流动方向的阻力，在垂直于流动的方向，仍无外力产生。

如果圆柱体在静止的空气中转动，根据实际观察，圆柱体周围的流体也将随圆柱一起绕轴心流动，如图 2-7b 所示。这种流动称为环流。离开圆柱越远的流体转得越慢。

如果把转动的圆柱体放在均匀平行的流体中，这时圆柱体上面的流体速度较快，但压力较低，圆柱体下面的流体因速度较慢而