

教学参考资料

发明用物理效应

姜迅东 杨建章 编著

北京现代管理学院

发明用物理效应

姜迅东 编著
杨建章

北京现代管理学院

一九八五年十一月

前 言

在编者写这本书之前，我们一直深感缺乏一本能包括物理学中各种效应的专业性工具书，这些效应对于科学技术人员从事他们各自的专业是有所启示的。

本书共选收物理学的各种效应55条，通过许多具体实例说明这些效应在冶金、机械、电力、电子、生物、化工、能源等领域内的应用，既体现了传统的发明，也展示了当代科学技术的新成就。

谢燮正老师、赵铭菊同志，为本书的编写作了大量细致的工作，赖祖涵、杨德新、张开义、龙燕初、廖蔚树、李金堂、魏全金、王燕生等诸位老师对本书给了热情的帮助，在此一并致谢。

限于编者的水平，加之编写时间仓促，书中难免有缺点和错误，欢迎各方面的专家和广大读者批评指正，以便进一步修改。

(1) 自然科学出版社 1985

(2) 姜 迅 东

(3) 自然科学出版社 1985

(4) 自然科学出版社 1985

(5) 自然科学出版社 1985

(6) 自然科学出版社 1985

一九八五、十

目 录

第一章 力学与声学	(1)
§ 1—1 附壁效应.....	(1)
§ 1—2 伯努里效应.....	(2)
§ 1—3 马格努斯效应.....	(4)
§ 1—4 回转效应.....	(6)
§ 1—5 相对论性效应.....	(7)
§ 1—6 多普勒效应.....	(8)
§ 1—7 应变硬化效应.....	(11)
第二章 热学与分子物理学	(12)
§ 2—1 滑动效应.....	(12)
§ 2—2 焦耳—汤姆逊效应.....	(13)
§ 2—3 分子光谱的同位素移动效应.....	(14)
§ 2—4 热膨胀效应.....	(15)
第三章 电磁学	(19)
§ 3—1 静电效应.....	(19)
§ 3—2 静电屏蔽效应.....	(22)
§ 3—3 光电效应.....	(22)
§ 3—4 温差电效应.....	(26)
§ 3—5 法拉第效应.....	(29)
§ 3—6 压电效应和电致伸缩效应.....	(30)

§ 3—7	压阻效应.....	(31)
§ 3—8	涡流的热效应.....	(33)
§ 3—9	涡流的电磁阻尼效应.....	(34)
§ 3—10	趋肤效应.....	(35)
§ 3—11	霍尔效应.....	(37)
§ 3—12	电流的磁效应.....	(39)
§ 3—13	磁热效应.....	(42)
§ 3—14	磁声效应.....	(43)
§ 3—15	磁镜效应.....	(44)
§ 3—16	电子顺磁共振效应.....	(45)
§ 3—17	磁致伸缩效应.....	(46)
§ 3—18	磁屏蔽效应.....	(47)
§ 3—19	辉光放电发光效应.....	(48)
§ 3—20	弧光放电效应.....	(49)
§ 3—21	火花放电效应.....	(50)
§ 3—22	电流的生理效应.....	(51)
§ 3—23	次级电子发射效应.....	(52)
§ 3—24	巴克豪森效应.....	(53)
§ 3—25	理查生效应 (热电子发射)	(54)
§ 3—26	铁磁效应.....	(55)
§ 3—27	回旋共振效应.....	(55)
§ 3—28	铁磁共振效应.....	(56)
§ 3—29	可逆电交换效应.....	(56)
第四章	光学.....	(58)
§ 4—1	旋光效应.....	(58)
§ 4—2	克尔效应.....	(58)

第五章 原子物理与核物理..... (60)

- § 5—1 康普顿效应..... (60)
- § 5—2 黑体辐射效应..... (61)
- § 5—3 斯塔克效应..... (62)
- § 5—4 塞曼效应..... (63)
- § 5—5 喇曼效应..... (64)
- § 5—6 切伦科夫效应..... (66)
- § 5—7 穆斯堡尔效应..... (67)
- § 5—8 同位素效应..... (69)
- § 5—9 磁性机械效应..... (70)
- § 5—10 电子自旋共振效应..... (71)
- § 5—11 核磁共振效应..... (72)
- § 5—12 致电离辐射发光效应..... (72)
- § 5—13 爱迪生效应..... (74)
- § 5—14 势垒贯穿效应..... (74)
- § 5—15 郭若效应..... (75)
- § 5—16 电子屏蔽效应..... (75)
- § 5—17 帕邢—巴克效应..... (76)
- § 5—18 场致电离发射效应..... (76)
- § 5—19 齐曼效应..... (77)
- § 5—20 中子衍射效应..... (77)
- § 5—21 杰恩—泰勒效应..... (78)

第六章 半导体物理..... (79)

- § 6—1 磁阻效应..... (79)
- § 6—2 苏耳效应..... (79)
- § 6—3 弗朗兹—克第西效应..... (80)

§ 6—4	齐纳效应	(81)
§ 6—5	电子穿隧效应	(82)
§ 6—6	光生伏打效应	(82)
§ 6—7	掺杂效应	(83)
第七章	低温物理	(84)
§ 7—1	约瑟夫逊效应	(84)
§ 7—2	热机械效应	(87)
§ 7—3	非线性分子自发畸变效应	(88)
§ 7—4	磁卡效应	(89)
§ 7—5	爬行膜效应	(90)
§ 7—6	反常趋肤效应	(90)
§ 7—7	迈斯纳效应	(91)
§ 7—8	弹性蠕变效应	(92)
§ 7—9	蠕变效应	(92)
§ 7—10	电阻率的尺寸效应	(93)
§ 7—11	磁致电阻效应	(93)
§ 7—12	电阻极小值效应	(94)
§ 7—13	压力效应	(95)
§ 7—14	内耗效应	(95)
§ 7—15	锻炼效应	(96)
§ 7—16	成序效应	(97)
§ 7—17	邻近效应	(97)
§ 7—18	机械致热效应	(98)
§ 7—19	西思比效应	(98)
§ 7—20	德哈斯—凡阿芬效应	(99)
第八章	宇宙线物理	(101)

§ 8—1	气象效应·····	(101)
§ 8—2	经度效应·····	(102)
§ 8—3	纬度效应·····	(103)
§ 8—4	东西不对称效应·····	(103)
§ 8—5	地磁效应·····	(104)
附录 I	·····	(106)
附录一	物理学基本单位·····	(106)
附录二	一般物理常数·····	(113)
附录三	热学物理量·····	(125)
附录四	电学物理量及技术数据·····	(132)
附录五	某些磁性材料和铁磁性材料的性能·····	(146)
附录六	光学物理量及技术数据·····	(149)
附录七	原子物理及核物理量·····	(154)
附录八	超导电材料的特性·····	(162)
附录九	太阳系及各项地球数据·····	(168)
附录 II	技术发明25例·····	(170)

第一章 力学与声学

§ 1—1 附壁效应

如果某一刚性物体（如铁片或玻璃板）处于射流的边缘处，则在该处将产生负压，这个负压使得射流附壁，这种现象称为附壁效应。

附壁效应可以用图（1—1）来说明。在两块有机玻璃板

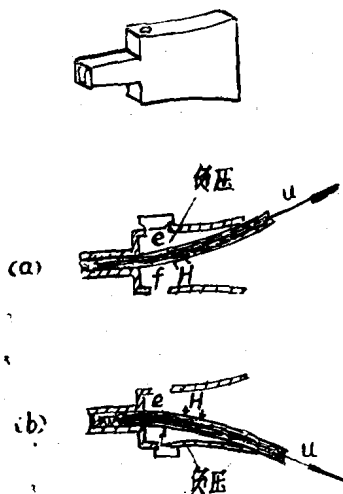


图 1—1

间形成一射流束。由于在射流通道的开阔处上、下各开有一个小孔，这样在点 e、f 两处不能产生负压，这时射流便直

接射出，如果把上面的孔堵住，则在上方空间 e 处将出现负压，射流沿着上壁运动。相反，如果把下面的孔堵住，则在下方空间 f 处出现负压，射流沿着下壁运动。因此，利用射流的附壁效应可以有效地控制射流的运动。

附壁效应的使用

工业上根据射流的附壁效应制成各种射流控制元件，如附壁型射流逻辑元件，如果在这种元件上加上负载及反馈回路，能够很容易做成振荡回路，如反馈式振荡回路或声波式振荡回路，这些回路可以作为温度检测器来使用。此外，利用附壁效应可以制成流体分流器（分流阀）与普通的机械阀比较，它具有控制低能级的能力、响应特性快、没有水击现象等特征。最后，聚流型元件也是利用附壁效应制成的，不过这种元件不能做成通常所说的二维平面流路，而只能做成三维的流路。聚流型元件可以作为“或非”逻辑动作的元件来使用。关于它的动作特征还有待今后进一步研究。

§ 1—2 伯努里效应

在稳流（尽管在同一时刻各处流速不同，但是在不同时刻通过任一固定点的流速都不随时间而改变，这种流动称为稳流）中，管子细的部分，流速大，压强小；管子粗的部分，流速小，压强大，这种现象称为伯努里效应。

图（1—2）表示粗细不均匀的水管，该管的上方安装着两根较细的玻璃管 M 和 N，用来测量液体内部的压强，这两根管叫做测压管。液体从左端流入，从右端流出。由实验可知：测压管 M 内液柱的高度 h_1 ，大于测压管 N 内液柱的高

度 h_2 ，很明显，A点的压强要比B点的压强大。根据连续性原理（在同一流管中，任意一处截面积和该处液体流速的乘积

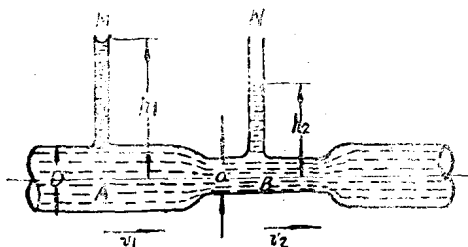


图 1—2

是一个恒量），A点的流速比B点的流速小，因为管径 d 小于管径 D 。

假设理想液体在重力场中做稳定流动，根据功能原理，得到对于液体中同一流管内任一位置均成立的关系式。

$$PV + \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{恒量} \quad (1-1)$$

(1—1) 式称为伯努里方程。式中 PV 为液体的压力能， mgh 为液体的重力势能， $\frac{1}{2}mv^2$ 为液体的功能，其中 V 为流管内任意流块的体积， m 为流块的质量， h 为流块距参考平面的高度， v 为流块的流速， g 为重力加速度， p 为在任意位置处流体的压强。

伯努里方程表明，同一流管内，任一截面上流动液体的压力能、动能和势能的总和是一个常数。它是流体动力学的基本规律，它的实质是理想液体做稳定流动时的功能关系，表明理想流体做稳定流动时遵守机械能守恒定律。

值得指出，伯努里方程仅适用于理想液体的稳定流动，而且所研究的截面必须在同一流管上。

伯努里效应的应用

伯努里效应在确定运动流体内部压强和流速的关系方面有很大的实际意义，在水利、造船、航空等许多工程部门都有广泛的应用。

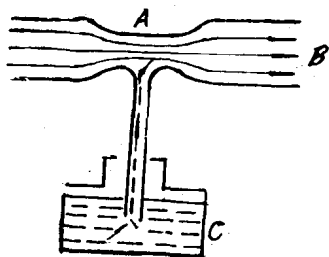


图 1—3

内燃机中使用的汽化器、水流抽气机、喷雾器，都是利用伯努里效应制成的。图（1—3）表示喷雾器的作用原理图。如图所示，喷雾器中气流沿着管 AB 流动时，因截面 B 处为大气压强，因此截面小的 A 处因流速大而压强必小于 B 处的压强，即小于大气压强，

这样容器 C 中的液体在大气压力的作用下，将液体压上而被吹成雾状物由喷嘴喷出。

§ 1—3 马格努斯效应

将某个转动中的圆球或者圆柱体放入均匀的流体中（转动体的转轴与流体的流动方向垂直）。由于转动体所产生的环流与流体作用，使得顺转向的流体流速加快，而逆转向的流体流速减慢。由伯努里定理可知，流速慢的流体的正压力比流速快的流体的正压力大。因此，转动体就受到一侧压力，该力与转动轴及流体的流向垂直，这种现象称为

马格努斯效应。

马格努斯效应可以用图(1—4)来说明。图中 v 表示流体的速度， l 表示转动体的长度， R 表示转动体的半径， ω 表示转动体的角速度， F 表示作用在转动体上的侧压力。



图 1—4

根据计算得出作用在转动体上的侧压力为

$$F = 2 \pi \rho R^2 \omega v l. \quad (1-2)$$

式中 ρ 为流体的密度。

这个公式是在假设流体没有粘性的情况下得出的。但是实验和理论的结果表明，当转动体的转速不超过流体速度的四倍时，实验所得的结果和理论值是相互接近的。在这种极限情况下，作用在转动体上的侧压力为

$$F = 4 \pi R l v^2 \rho \quad (1-3)$$

对于空气来说，这个公式可写成下式

$$F = 16.2 v^2 R l \quad (1-4)$$

式中，力的单位是牛顿，长度的单位是米。

将普通机翼所产生的升力与转动体所产生的侧压力作一比较，机翼的升力可按下式确定：

$$Y = \frac{1}{2} C_r \rho v^2 S \quad (1-5)$$

式中， S 为机翼面积； C_r 为实验系数。为了进行比较，取转动体直径剖面的面积与机翼面积相等。因此，二者的比率应为：

$$\frac{F}{Y} = \frac{4\pi}{C_r} \approx 10 \quad (1-6)$$

式中，取 C_r 为 1.2。

由此可见，在相等的条件下，转动体所产生的侧压力要比机翼的升力大十倍。

马格努斯效应的应用

马格努斯效应可以应用于船舶的驱动上。此外，利用马格努斯效应可以制成飞机的螺旋桨及理想的飞行汽车。这样的汽车，只能用于贴着地面或水面低飞。它不需要很大的功率。而且，汽车也不需要产生推力的专门装置。

§ 1—4 回转效应

回转仪（绕对称轴高速旋转的刚体）在外力矩作用下产生进动（刚体的对称轴绕某个轴线的转动）的效应称为回转效应。

陀螺是一种简单的回转仪，陀螺的进动现象可以用图（1—5）说明：

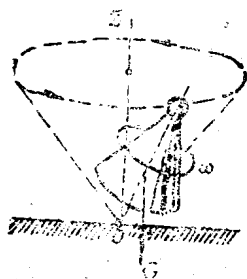


图 1—5

当转动的陀螺在倾斜状态时，它的重力对 O 点产生一个力矩，该力矩的方向垂直于转轴和重力所组成的平面。陀螺受到冲量矩的作用后，其角动量将发生变化。角动量增加量的方向与陀螺的角动量方向垂直，因此，陀螺并不倒下来，而是沿着一圆锥面做转动，即绕着竖直轴做进动。

回转效应的应用

回转效应在实践中有广泛的应用。由实践中得知，枪弹或炮弹从枪筒或炮筒射出后，将受到空气阻力的作用。如果枪弹或炮弹不绕对称轴高速自转，那末空气阻力对枪弹或炮弹的质心的力矩将使枪弹或炮弹绕质心转动而使弹头翻转。因此一般枪炮筒内都刻有螺旋式的来复线，使枪弹或炮弹射出后绕自己的对称轴迅速旋转。由于回转效应，空气阻力的力矩将使枪弹或炮弹的对称轴绕前进方向进动，从而使枪弹或炮弹的自转轴与弹道方向保持不太大的偏离。

在实际中，回转效应有时也引起一些不利的作用，例如当前进的轮船转弯时，轮船中的涡轮机的轴承将受到一个附加的力，这个力往往会使轴承破坏，因此在设计中必须考虑到。

在微观物理学中，经常利用进动的概念来说明和解释许多微观现象。

§ 1—5 相对论性效应

当物体运动时，沿其运动方向的长度要比静止不动时短。对于运动的时钟来说，它将变慢。这种现象称为相对论性效应。

相对论性效应的理论根据是爱因斯坦假设。这个假设包括两个内容：

(1) 对于任何两个彼此相对作匀速运动的人来说，物理定律的形式完全一样。

(2) 在所有使惯性定律成立的参考坐标系内，真空中

光的速度大小是恒定不变的。

由这两个假设出发，可以证明，运动物体的质量为

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{C^2}}} \quad (1-7)$$

式中 m 是运动物体的质量； m_0 是物体的速度为零时的质量，称为静质量； v 为运动物体的速度； C 为光速。

由 (1-7) 式可以推导出速度为 v 的粒子的能量 E 为

$$E = mC^2 \quad (1-8)$$

这个关系式称为爱因斯坦质能关系。

相对论性效应的意义

当我们观看某一高速运动的物体应该考虑到由相对论效应引起的畸变。例如，静止的球当它作高速运动时将变成一个椭球；一个立方体当它沿某条边的方向高速运动时将变成很扁的方块等。在相对论效应中提到的时间变慢现象是时间本身的一种客观特性，而不能把这种现象看作是由某种物理的、化学的、甚至是生命的原因所造成的。

§ 1—6 多普勒效应

因波源（汽笛）或观察者（人）相对于传播介质（空气）的运动而使观察者接收到的波的频率发生变化的现象称为多普勒效应。

为方便起见，我们仅考虑运动发生在波源与观察者的连线上这一情况。假设在同一直线上运动的波源 S 和观察者 O ，

相对于介质的速度分别为 u 和 u_0 ，如图 1—6 所示。令波源产生的扰动频率为 f_s ，观察者记录到的扰动频率为 f_o ，则

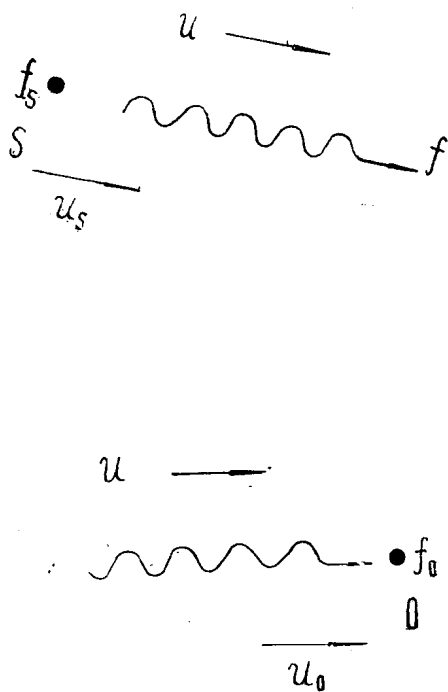


图 1—6