



编著

叶国雄
葛新发
韩久瑞
黄胜初

划船运动概论

人民体育出版社

划船运动概论

叶国雄

葛新发

韩久瑞

黄胜初

编著

人民体育出版社

(京)新登字 040 号

划船运动概论

叶国雄 葛新发 韩久瑞 黄飞初 编著

*

人民体育出版社出版

武汉市明伦印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32 开本 11.25 印张 300 千字

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

*

ISBN 7-119-1154-8/G·1063

定价:12.80 元

内 容 提 要

划船运动概论是作者多年来在对赛艇、皮划艇所进行的系统的科学研究、实验和实践总结的基础上编写的,本书主要论述了:流体力学基础、艇阻力、浆叶动力学、测功测速原理、运动生物力学、生化测试及分析、科学训练与医务监督、营养和兴奋剂、测功仪与心率表的使用等内容。

对于划船运动科学的分析作了可贵的努力,本书可供广大划船教练员、运动员和科研人员在训练工作中参考,也可供有关院校师生阅读。

目 录

绪论

第一章 流体力学基础	(1)
第一节 流体对艇体的作用力.....	(1)
第二节 理想流体运动.....	(2)
第三节 层流和紊流.....	(3)
第四节 定常运动非定常运动.....	(6)
第五节 流线、迹线和流管的基本概念	(7)
第六节 连续性方程.....	(9)
第七节 伯努利方程	(10)
第八节 动量方程	(19)
第九节 机翼的流体动力特性	(22)
第二章 船艇阻力	(32)
第一节 概论	(32)
第二节 摩擦阻力	(42)
第三节 粘压阻力	(50)
第四节 兴波阻力	(54)
第三章 皮划艇正浮状态流体动力性能的试验研究	(63)
第一节 试验设备及试验内容	(63)
第二节 皮艇测试及分析研究	(65)
第三节 划艇分析研究	(71)
第四节 空气阻力	(74)

第四章 赛艇测功仪测试结果及初步分析研究	(76)
第一节 赛艇测功仪	(76)
第二节 我国赛艇运动员功率测试结果的统计规律 ..	(80)
第三节 测试结果及分析研究	(82)
第五章 船速和桨频的测试与研究	(91)
第一节 测速原理	(91)
第二节 常用的船速测量仪	(98)
第三节 桨频的测量	(106)
第四节 SF-1 型船速桨频测量仪	(110)
第五节 船速和桨频的应用研究	(122)
第六章 桨叶流体动力	(133)
第一节 皮艇、划艇桨叶的流体动力	(133)
第二节 赛艇桨叶流体动力分析	(138)
第三节 桨叶在水中的运动速度	(143)
第四节 赛艇“斧式”桨	(146)
第七章 划船运动生物力学	(149)
第一节 划船运动生物力学任务	(149)
第二节 运动生物力学实际应用	(154)
第三节 运用运动生物力学理论提高赛艇成绩	(159)
第八章 划船运动员生化测试与分析	(173)
第一节 血乳酸指标在划船训练中的应用	(173)
第二节 血红蛋白指标在划船训练中的应用	(195)
第三节 血尿素指标在划船训练中的应用 .. .	(199)
第四节 尿肌酐指标在划船训练中的应用	(204)

第五节	尿蛋白指标在划船训练中的应用·····	(208)
第六节	尿胆素原指标在划船训练中的应用·····	(212)
第七节	肌酸激酶指标在划船训练中的应用·····	(214)
第九章	划船运动的科学训练与医务监督·····	(221)
第一节	划船运动的科学训练·····	(221)
第二节	肌肉活动的能源和能源训练·····	(234)
第三节	划船训练的医务监督·····	(243)
第十章	运动营养与药物控制·····	(252)
第一节	运动与营养·····	(252)
第二节	运动员营养·····	(268)
第三节	运动和兴奋剂·····	(274)
第十一章	测功仪与心率表的使用·····	(297)
第一节	赛艇测功仪的使用·····	(297)
第二节	皮划艇测功仪的使用·····	(317)
第三节	心率表的使用·····	(344)

第一章 流体力学基础

第一节 流体对艇体的作用力

艇体在水中运动时,一定要受到水对它的作用力,水对艇体的作用力。按其产生的原因分类,可分为粘性力和非粘性力,前者包括摩擦阻力和涡旋阻力,后者包括兴波阻力和由于艇体变速所引起的惯性力。

若按作用力的方向分类,可分为垂于固体表面的压力和平行于固体表面的切向力,压力在艇体运动方向的分力的总和称为压力差阻力。切向力(摩擦力)在艇体运动方向分力的总和就是水对艇体的摩擦阻力。

什么是流体作用于艇体的惯性力呢?

我们知道,要使一个物体产生加速度一定要给物体一个力,同样要使流体产生加速度,也要给流体以作用力。而艇体在水中作变速运动时(运动起始阶段、回旋在波浪上摆动等)也必然使周围一部分流体一起作变速运动,即周围一部分流体以同一加速与物体一起运动,这就是说,艇体给了流体作用力。根据作用与反作用原理,流体就要给艇体一个反作用力。这个力就是惯性力和惯性力矩,其方向和艇体运动的加速度方向相反。其大小等于作加速运动的流体质量或对某轴的流体质量矩与物体加速度或物体角加速度的乘积,即:

$$\text{惯性力} \quad F_u = -\lambda\alpha \quad (1-1)$$

$$\text{惯性力矩} \quad M_{ux} = -\lambda_0\theta \quad (1-2)$$

上式中,负号表示力的方向与加速度方向相反。

- α 是物体加速度；
- θ 是物体角加速度；
- λ 是附连水质量；
- λ_0 是附连水质量惯性矩。

第二节 理想流体运动

我们在研究流体运动时，常常进行一些抽象，建立一些理想模型，“理想流体”的概念就是一例。这样做可以抓住问题的本质，忽略次要因素，从而使问题大大简化。所谓“理想流体”就是没有粘性的流体。例如兴波阻力，它是压力在运动方向分力的积分，而因波浪引起的压力的变化是与粘性无关的，因此研究兴波阻力时，就可以把流体看作是理想流体，又如流体流过流线型物体(图 1-1)时，除了靠近物体表面的一薄层(称为边界层)外，运动情况与理想流体的流动没有什么大的差异，因此也可以当作理想流体的运动来研究。

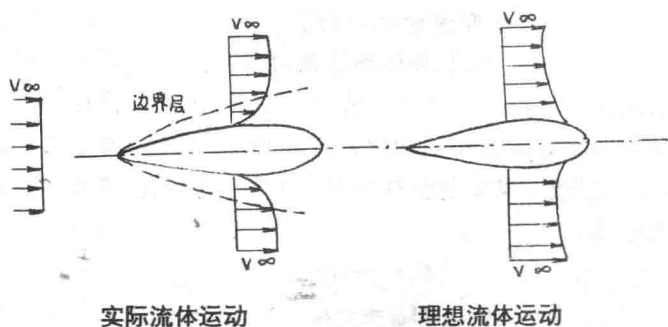


图 1-1

利用理想流体的运动规律可以求得运动体的兴波阻力和艇体的升力等工程实际中常遇到的流体动力,因此尽管理想流体的运动是一种假设的情况,仍具有实际意义。

第三节 层流和紊流

观察实际水流,发现流体的运动存在两种性质截然不同的流动状态。一种叫层流,流体是成层的流动,即流体质点相互之间互不干扰混杂的流动。这两种流态在实验室中可以清楚的看出来。图 1-2 为实验设备示意图。

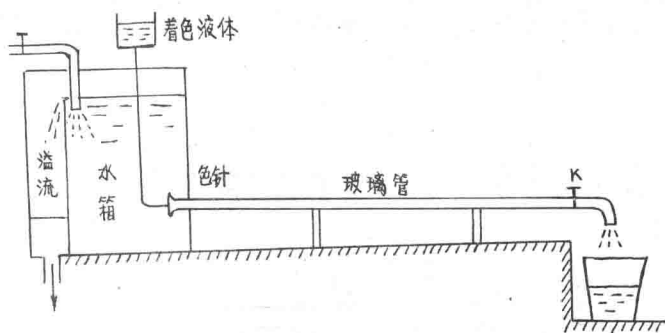


图 1-2

试验时,使水箱内的水位保持恒定和平静。微开旋塞 K,使玻璃管内液体缓慢地流动,此时我们就看到水流动中的着色液体呈现一条毕直的细线(图 1-3 a),它不与周围水流相混合,此即流体的层流流动。逐渐开大旋塞后,就会看到着色体开始波动(1-3 b)。继续开大旋塞,其波动加剧,最后其着色液体很快与周围水流相混杂,流动呈现混乱的状态,最后着色液体线不见了(图 1-3

c), 此即流体的紊流流动。

流体运动的两种状态, 不仅出现在管流中, 而且也出现在其他任何边界形式的流动中。

上述试验证明, 同一流体, 同一管道, 但由于流速不同, 可以形成性质完全不同的流动形态, 即层流和紊流。我们把流动状态由层流转变为紊流时的流速叫临界流速 (V_c)。

根据雷诺数试验得出临界流速 (V_c) 与管径 d 及流体的运动粘性系数 ν 有关, 列出表达式:

$$V_c = C \frac{\nu}{d}$$

在工程实际中, 系数 C 经常用 R_{ec} 来代替, 称为临界雷诺数, 即:

$$R_{ec} = V_c d / \nu \quad (1-3)$$

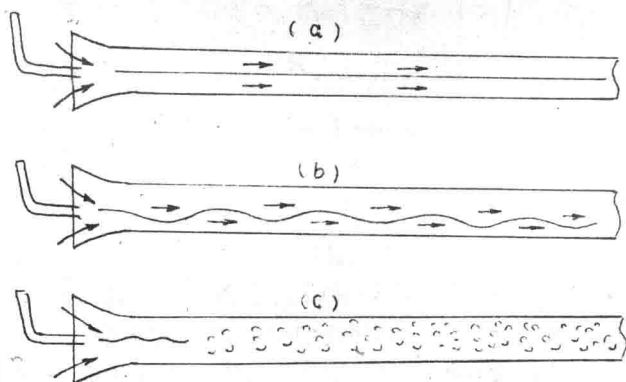


图 1-3

经多次试验, 临界雷诺数 $R_{ec} \approx 2300$, 所以我们经常用此临界雷诺数来判别流体管流流动的形态。

在判别流体流动形态时, 首先求出该情况下流体流动的雷诺

数,即 $R_e = \frac{Vd}{\nu}$, 如果 $R_e < R_{ec}$, 即 $R_e < 2300$ 时, 流动形态为层流; 如果 $R_e > R_{ec}$, 即 $R_e > 2300$ 时, 流动形态为紊流。

对于航行水面的物体, 雷诺数以下式表示:

$$R_e = \frac{VL}{\nu} \quad (1-4)$$

(1-4)式中: V —— 航行速度(米/秒)

L —— 物体长(米)

ν —— 运动粘性系数(米²/秒)

液体运动时, 对应不同的流动形态, 断面上的分布是不同的, 下面分别说明层流与紊流时的流速分布情况。

实验表明, 液体在管道中作层流流动时, 其流速分布如图 1-4a 所示。管壁处流速等于零, 中间流速渐大, 而最大流速在管轴上。纵断面流速分布是按照抛物线的规律, 平均流速等于最大流速之半, 即

$$\bar{V} = \frac{1}{2} V_{max}$$

对于有自由液面的情形, 流速分布如图 1-4b 所示, 最大流速在接近液面处。

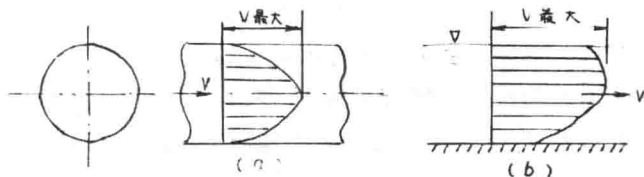


图 1-4

紊流时流速分布情况与层流时大不相同。由于紊流的混杂运动, 使中间部分的流速趋向于平均, 其流速分布如图 1-5 所示。其

中(a)表示管子中速度分布,(b)表示有自由液面情形的速度分布。

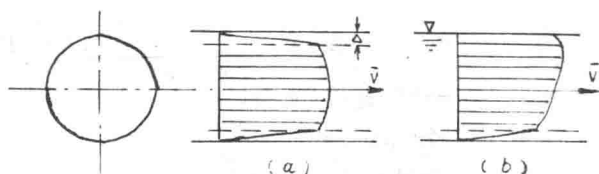


图 1-5

第四节 定常运动与非定常运动

如在任意固定空间点处,流体运动要素速度 V 与压力 P 不随时间而变化,这样的运动,称为定常运动;若其运动要素是随时间而变化的,则称为非定常运动。对于定常运动,流体运动要素仅仅是空间坐标 x, y, z 的函数。即:

$$\begin{cases} V = V(x, y, z) \\ p = p(x, y, z) \end{cases}$$

对于非定常流,则同时又是时间 t 的函数,即:

$$\begin{cases} V = V(x, y, z, t) \\ p = p(x, y, z, t) \end{cases}$$

当等速均匀液流绕物体流过时(图 1-6),在任意相对于物体固定的空间点 1 或 2 处的流速是不随时间而变化的,称为定常运动。

当物体在水中运动时,如果我们站在岸上观察运动体所引起的水的运动时(图 1-6)。显然,在任意 A 点处速度是随时间而变的,因为该点处流速是受物体的影响产生的,故当物体慢慢靠近它时,该点速度便增大,直到物体远离开它时,该点速度又减小,直至

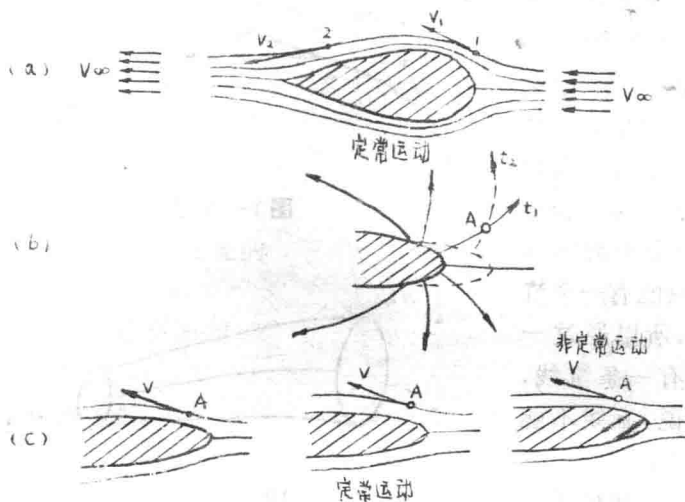


图 1-6

趋向于零。所以我们观察到的是非定常运动。

对于非定常流,其运动要素与时间有关,研究起来比较困难。若上述物体在水中作等速直线运动,我们让观察者站在该等速直线运动的物体上,则观察者看到的流动就好象物体不动,而均匀水流以与物体速度相等方向相反的速度绕过物体的情况一样。如在相对于观察者为固定的 A 点处(图 1-6),其流速始终不变,故流动成为定常的流动。

第五节 流线、迹线和流管的基本概念

流体的运动情况一般用流线来描绘,如前面图 1-6 所示。流线就是流动曲线,在此线上每一点的切线代表在同一瞬时

该点处流体质点的运动方向,如图 1-7 所示。

流线有两个特性:一是流体质点是不会穿过流线的,因为它在流线上的运动方向是沿切线方向的;二是在同一瞬时的两根流线决不会相交,这是由于流体每个质点只能有一个流速方向,所以通过一点只能有一条流线,换句话说,流线不能相交。

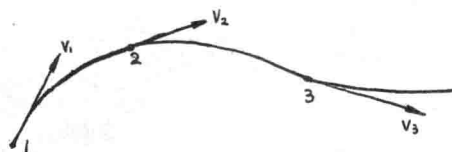


图 1-7

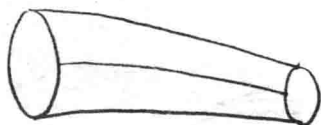


图 1-8

迹线是流体质点在空间运动的轨迹。它与流线的意义不同,迹线是一个已知点在某一段时间内运动的线路,而流线是代表在同一时间内许多质点的运动方向。

在定常流中,由于流速不随时间而变化,流线也就不随时间而改变其形状,因此迹线与流线是重合的。在非定常运动中,迹线和流线却是不同的线,因为流线随时间而改变其形状。

在流场中,任取一封闭的曲线 C , 经过曲线 C 上每一点都有一流线,所有这些流线就围成了一个管子,这种由流线围成的管子,就称为流管,如图 1-8 所示。

在定常运动中,流管的形状不随时间而改变。由于流管的表面是由流线所组成,因此流体不能流出或流入流管表面。可见在定常运动中流管与真实管子一样。

第六节 连续性方程

如图 1-9 所示,在定常流中,任取一流管,并作任意垂直于它的截面 1-1 和 2-2,以 S_1 和 S_2 分别表示这两个截面的面积, V_1 和 V_2 分别表示该两截面处的流速。

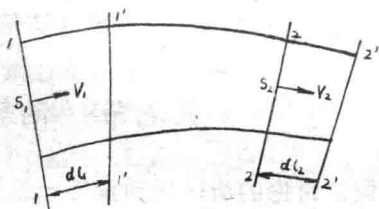


图 1-9

经过一小段时间 dt 后,这段流体流到 $1'-1'$ 及 $2'-2'$ 位置。即截面 1-1 移动了一个距离 $dl_1 = V_1 dt$, 截面 2-2 移动了一个距离 $dl_2 = V_2 dt$ 。

由于流体质点不能越过流线而运动,而且流体是连续的和不可压缩的,因此原有流体质量不应有所增减,原有流体的体积不应有所增减。即体积 1-2 和体积 $1'-2'$ 应相等,又因体积 $1'-2'$ 为二者公有,故体积 1-1' 和体积 2-2' 应该相等。

$$\text{即} \quad dl_1 \cdot S_1 = dl_2 \cdot S_2$$

$$\text{因为} \quad dl_1 = V_1 dt, \quad dl_2 = V_2 dt$$

$$\text{所以} \quad V_1 dt S_1 = V_2 dt S_2$$

消去 dt 后可得:

$$V_1 S_1 = V_2 S_2 \quad (1-5)$$

由于截面 1-1 和 2-2 是任意取的,因此这个关系式沿整个流管均是符合的,一般可以写成:

$$VS = \text{常数} \quad (1-6)$$

(1-6) 关系式称为不可压缩流体的连续性方程式,它说明在

同一流管中,流体的流速和流管的横截面积的乘积是一常数。可见,在流管中截面大的地方其流速必小,截面小的地方其流速必大,也就是说,流管中的流速与截面积成反比例。一般把 $V \cdot S$ 记作 Q ,即 $V \cdot S = Q$ 称为体积流量,因此连续方程可称沿流管流量 Q 处处相等。若将(1-5)式两边都乘以流体密度 ρ ,即得:

$$\rho V_1 S_1 = \rho V_2 S_2 = \rho Q \quad (1-7)$$

这说明,流进这段流管中的流体质量等于流出这段流管中的流体质量,因此连续性方程的实质是质量守恒定律的具体表现。

第七节 伯努利方程

假定讨论的流体运动是理想流体的定常流动,仅受重力作用。在流场中任意取一个流管,沿流管任取两个垂直于它的截面 1-1 和 2-2。

根据功能原理,来研究这两个截面之间液体段的规律。水流截面上各运动要素的符号如图 1-10 所示。

截面 1-1 和 2-2 之间的流体段经过一小段时间 dt 后,移动了一段距离,达到新的位置,截面 1'-1' 和 2'-2' 之间。

这时流体段所具有的动能发生了变化,变化的数量 $d\mathcal{E}$ 应等于作用在流体段上的外力在同一时间 dt 内所作的功 dU ,即:

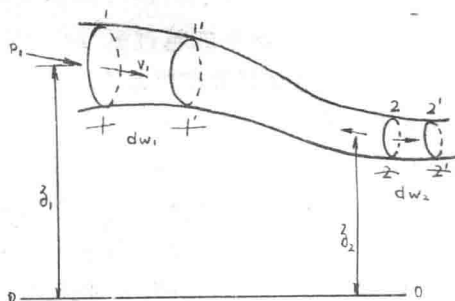


图 1-10