



水下气水两相射流流态的实验研究

郑之初 李 坤 包秋生 白秀清 米庆禄

(中国科学院,力学研究所 北京 100080)

摘要 在模拟水池中进行了水下气水两相射流流态的观察,研究了不同引射条件下,水下气泡的生成和扩散规律,对于珍贵水产养殖中人工增氧方法的改善有很大意义。

关键词 气水两相,射流流态,水下射流, 实验研究

1. 概述

有些珍贵水产如对虾、虹鳟等,如果养殖过程中含氧量较低就会大量死亡,所以水中增氧是提高水产产量的重要措施。增氧方法的研究在养殖业中占很重要的地位。常用增氧方法有以下几种:

(1) 水面与空气自然交换。

(2) 水的更新。

(3) 水产与海生植物、水草的混养。利用太阳的光合作用提高水中含氧量,此方法在晚上没有优越性,还有缺点。

(4) 人工增氧。

人工增氧是依赖增氧船或增氧机在水中增氧。本文研究的弥雾式增氧机是人工增氧机的一种,它的工作原理是:增氧机主轴的一端装有一个开了许多小孔的增氧帽,用电机带动使主轴高速旋转,在增氧帽端形成低压,空气从主轴另一端吸入,通过增氧帽小孔泄出向四周扩散,于是水中的含氧量就增加。图1给出了增氧机示意图。一台好的增氧机应在单位功率的消耗下能达到最大的增氧量。为了达到先进的指标,要求增氧机在单位时间内吸人的空气量最大,气泡在水中停留的时间较长,这就要求空

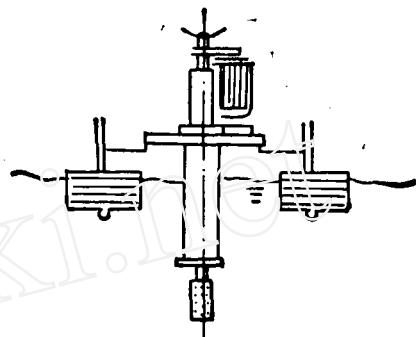


图1 弥雾式增氧示意图



图2 模拟水池

气以细气泡的形式向水中扩散。本文试图通过观察水下气水两相射流流态来寻找气泡生成的规律。

2. 水中气、水两相射流流态

2.1 实验装置

实验在模拟水池中进行,图2给出了模拟水池照片。它是一个对角线长为2.4m的12面体,水池由6个水泥基础支承着,在底面和12个侧面装有机玻璃,底的中央为一个对角线长为0.8m的12边形,由20mm厚的钢板制

成，射流泵安装在钢板下方，连接射流泵的水管及气管分别通向水源及气源。钢板中心置一钢帽，钢帽端面和侧面打有不同孔径的直孔或斜孔，模拟水池允许最大水深为1.6 m，超过此高度处有一溢水口，利用这一模拟水池我们进行了静水下空气射流的流态实验，水引射空气的两相射流和空气引射水的两相射流流态实验。

2.2 流态实验

2.2.1 静水中气体射流

以压气机作气源，气体经射流泵进入钢帽由小孔向外喷出，图3(a)给出刚启动时气体夹带着水从小孔中喷出时的流态，气体呈气泡形式向周围扩散，经一定距离之后，径向速度大大衰减，气泡在浮力作用下上升至水面，此时气泡喷射距离较远。图3(b)给出启动后气体以气

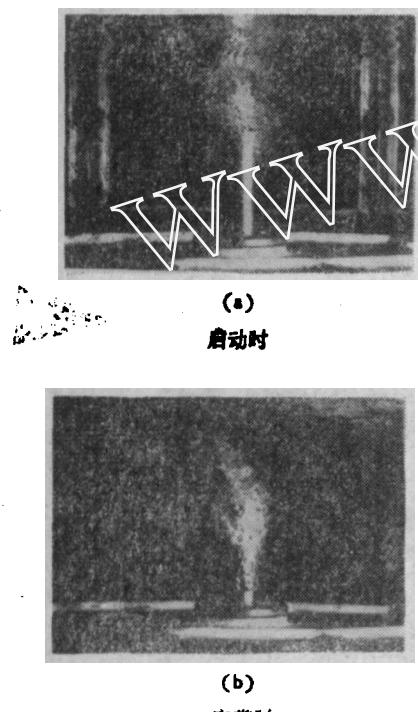


图3 静水中气体射流流态

柱形式射入水中的照片，射入水中后由于阻尼较大径向速度衰减极快，加上浮力作用气柱很快就上升，在上升过程中气柱不断变粗，各个孔中喷出的气柱混成一个大的气柱，上升至水面形成大的旋涡。实验指出：水池中水位高低的变化对射流流态的影响不大，气体压力的升高

射流在水中的射程无明显增加，气体流量的增大仅使射入水中的射流很快变粗，使进入水中空气很快逃逸形成大的波浪，白白地浪费能量，显然这种流态对水中增氧是不利的。

2.2.2 静水中，水引射空气的气水两相射流流态。

实验分两种情况。第一种情况水通过射流泵的喷嘴引射空气，此时空气的压力等于环境压力。气水两相射流中气体基本上以气泡形式向水中扩散，沿着径向向外运动，到一定距离后径向速度 V ，大大衰减，气泡在浮力作用下很快上升达到表面，随着引射水流量的加大，引射的气体量也增加，射流在水中射得也愈远，气泡也愈多。由于钢帽上的小孔位于不同的水深下，因此各射流出口背压不一样，射流的射程也不一样，水深处气泡扩散得近，水浅处扩散得远，基本上是孔愈小气泡愈细。在水中停留的时间也愈长。但是，要射到相当的距离消耗的功耗就愈大，当引射水流量达到某一值时，水下气水两相射流的扩散范围基本上不变了。图4(a)、(b)分别为不同气流引射量时气水两相射流流态的照片。

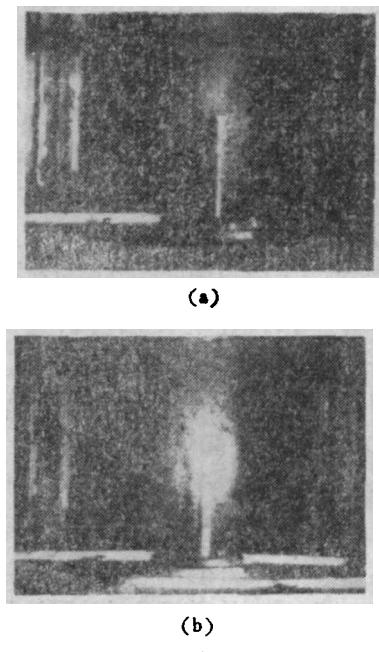


图4 静水中水引射空气(常压)流态

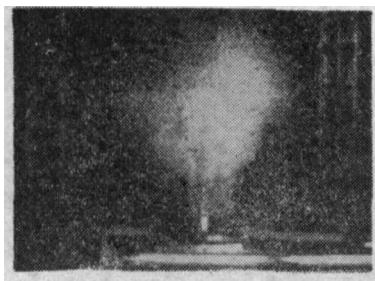


图 5 静水中水引射空气时的流态
(气体压力 $p = 1.5 \text{ kg/cm}^2$)

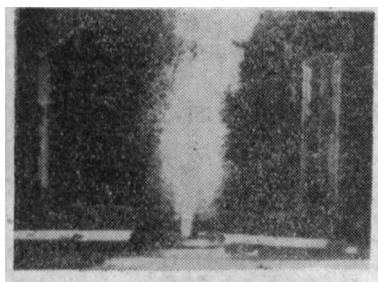


图 6 静水中空气引射水的流态
(气体压力 $p = 2 \text{ kg/cm}^2$)

第二种情况,水引射空气,而空气是经过压气机增压的,此时两相射流中气体仍以气泡形式向外扩散,基本流态与第一种情况相同。不同的是随着气体压力升高气泡量增多,扩散距离增加。图 5 为达到饱和状态时的流态照片,此时扩散距离并不增加,射流中的气泡在上升过程中汇成一个巨大的气柱并在水面形成浪花。

2.2.3 静水中空气引射水的气水两相射流流态。

气体经射流泵引射水并经钢帽小孔向外射出,水与气体混合后射出其气水两相射流流态基本上与水引射气体的流态相似,随着气体流量的加大,流动状态逐渐向纯空气射流的流态靠拢,图 6 是气体引射水在静水下的流态照片。

上述试验给出了一个重要的结论:要使空

(上接第 65 页)

数学推导。(3) 适量简介已经应用或即将应用到兵器装备上的本学科前沿技术。

2. 密切结合军事应用,激发学员的学习兴趣。指挥院校的学员对兵器装备很熟悉。从入学的第一天起,一直到毕业,不间断地对他们实行军体强化训练,在训练过程中将遇到很多工程力学方面的问题,例如射击训练时,射手操枪姿势对射击命中率有直接影响。什么样的姿势是正确的?手榴弹如何才能投得远?射击时

气在水中大量流出并以气泡形式存在,最好的办法是以气水两相射流的情况下射出,射流孔增大则气泡直径增大,但射孔大小达到一定程度时对气泡直径无关,气泡大小仅依赖于水和气体的比值。不同数量小孔的钢帽,在水和气体流量不变的情况下,孔径的减小表示孔出口处射流速度的增加,无论是水气还是气水两相流动,射流中气泡的扩散范围也就增加,这与简单的理论估计是一致的。浮力是使气泡上升的决定因素,因此为了使气泡在水中停留时间增大,必须减小气泡直径。图 7 给出了空气、水气

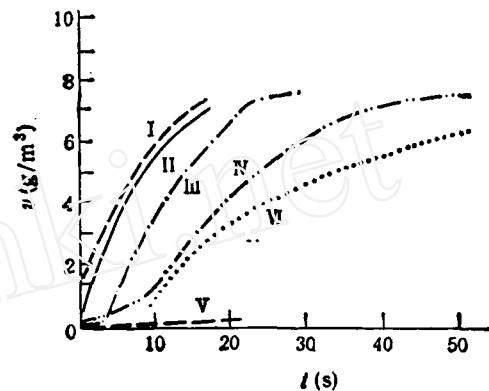


图 7 不同射流在水池中的增氧速率
I, II 气体引射水; III 水引射气(加压); IV 气体直放; V 水引射气(常压); VI 旋转增氧。

引射和气水引射在水池中水的增氧速率的实验测量曲线。由图可见,在相同的功率消耗下,纯气体直放水中的增氧速率低于水气和气水引射情况下的增氧速率。而水气引射和气水引射的效果相当。上述现象研究已被用于弥雾式增氧机主轴上增氧系统的设计,现场试验证明:新的设计较原设计的机型增氧速率成倍地增长。

(本文于 1991 年 9 月 11 日收到)

枪口为什么上跳等等。这些问题直接影响训练效果,学员们都十分关心。如果能把这些军体训练中普遍的常见的问题融于教学内容之中,不仅可以提高学员的学习兴趣,激发学习热情,而且还能使他们自觉运用所学理论去指导自己的工作实践。

3. 合理布置作业。由于军校管理的特点,学员很难抽出课外时间来复习、预习、做作业,就连规定的自习时间也有时不能得到保证,所以不能靠多做题的办

(下转第 21 页)