

中国力学学会
第二届全国工业流体力学
学术会议论文集

1991年10月20-24日镇江

宇航出版社

第二届全国工业流体力学 学术会议论文集

主 编 刘天宝

副主编 朱之墀

编 委

戴干策 张涤明 王振羽

林荣生 曹如明 沈天耀

贾区耀 杨文熊 赖国璋

沈礼敏 蔡保元 赵大刚

陈次昌

宇航出版社

(京)新登字181号

第二届全国工业流体力学学术会议论文集

主 编 刘天宝

执行编辑 张文涛 施卫东

•

宇航出版社出版

内部发行

镇江船舶学院印刷厂印刷

•

开本:787×1092 1/16 印张: 30 字数:650千字

1991年10月第1版第1次印刷 印数:1—350册

ISBN 7-80034-458-4/O·007

第二届全国工业流体力学学术会议

组 织 委 员 会 名 单

主 席

刘天宝 崔尔杰 是勋刚 朱之墀 戴干策

委 员

张涤明	王振羽	林荣生	曹如明
沈天耀	贾区耀	杨文熊	赖国璋
沈礼敏	蔡保元	赵大刚	高宗英
韩 冰	李世英		

第二届全国工业流体力学学术会议 论文集编委会名单

主 编

刘天宝

副 主 编

朱之墀

编 委

戴干策	张涤明	王振羽	林荣生
曹如明	沈天耀	贾区耀	杨文熊
赖国璋	沈礼敏	蔡保元	赵大刚
陈次昌			

执行编辑

张文涛 施卫东

前 言

中国力学学会流体力学专业委员会环境与工业流体力学专业组在1990年10月6日的会议上决定于1991年10月20~24日在镇江市召开第二届全国工业流体力学学术会议,并委托江苏工学院筹办。会议宗旨以广泛交流流体力学在工程实际中的应用信息为主,据此我们简化了论文审稿程序并放宽了稿件的录用范围,经审定最后总计录用论文116篇,并编辑出版了《中国力学学会第二届全国工业流体力学学术会议论文集》。

文集中所收录的论文涉及面相当广泛,在论文集编辑过程中,我们将文章分为八个部类编排:一、流体机械;二、多相流动;三、喷流技术及引射器;四、流体噪声与控制;五、排灌及航运中的流体力学问题;六、管道流动与阻力;七、热力设备中的流体力学问题;八、其它工业流体力学问题。另外在征文通知中,虽然我们只要求作者提供2500字左右的详细摘要,但来稿详简不尽相同,而要做统一篇幅的工作,函件往来时间又不允许,因此在论文集中各篇论文所占篇幅就长、短有别了。在本论文集的编辑过程中,我们尽量保持稿件原貌,但出于对文章篇幅和规格的整体考虑,我们不得不对部份论文(包括图、象)做一些删节和更动,由于时间紧迫来不及事先与原作者商议,敬请作者予以谅解;就是文章的分类,也只是大体划分一下而已,并不准确,如有不当也要请作者原谅。

为抢时间赶在会议之前出版文集,经过短短的两个月努力本文集终于问世了。由于收集到的论文不甚完备,虽经编审加工,尚有不少缺漏之处,为了保持完整性,均按原稿予以出版,其它参考文献因原稿标注不详,且无从查证,故出版时未能加以整理。

这次会议的筹备工作,是在中国力学学会的关心下,在流体力学专业委员会环境与工业流体力学专业组的直接指导下进行的,学会理事长王仁教授还为论文集封面提写了集名,另外宇航出版社在文集审校过程中提出许多宝贵意见,文集印刷过程中镇江船舶学院印刷厂给了很大支持,在此我代表会议筹备组谨向上述组织和王仁教授表示衷心的感谢。

刘天宝

1991年10月于镇江

一、流体机械

目 录

一、流体机械

螺旋离心泵叶轮中的三维势流计算·····	陈次昌等	(1)
水翼浆速度分布与流型研究·····	叶 雯等	(5)
轴流通风机的渐进设计法·····	吴秉礼	(10)
风机入口旋流的衰减·····	阎庆斌等	(13)
考虑粘性效应的离心泵叶轮内一元势流场解析·····	杜 扬等	(18)
液体粘性离合器的流场分析·····	赵克强等	(24)
任意旋成面叶栅汽杂交命题的变分原理·····	郭齐胜等	(28)
小型前变式风机效率的提高方法·····	郑 思	(32)
回转面不可压缩流场的边界元法·····	殷少有等	(34)
IRY、RY型热油泵及其应用技术·····	李宏斌等	(39)
滑片泵的试验研究与设计·····	陈茂庆	(43)
关于HSZ-80型回转水冲式钻机配用水泵的参数选择及理论计算·····	廖根柱	(50)
轴流泵后导叶出流环量对泵装置效率影响的研究·····	仇宝云	(55)
离心泵的轴功率特性·····	袁寿其等	(58)
吸入室结构对泵效率的影响·····	阎庆斌等	(63)
离心叶轮内可压缩三元流场的边界元法·····	田毅平等	(66)
“埃格尔”叶轮浆污泵设计·····	张 宏等	(71)
低比转数自吸离心泵的水力设计探讨·····	陈茂庆等	(74)
通风机气动性能测试标准中计算方法的探讨·····	毛献忠等	(80)
利用泵的普通特性曲线绘制Suter曲线的正流区部分·····	叶宏开等	(84)
混流式水轮机翼间变厚度流场的直接求解·····	韦彩新	(87)
电厂变速给水泵并联运行时的优化调度·····	安连琐	(93)
用解析法对IS型泵水力性能进行预测·····	周明来等	(98)
并联泵调速节能计算与分析·····	敦 军等	(102)
动量-叶素理论的改进·····	贾区耀等	(106)
贯流风机的理论计算与实验研究·····	俞大邦等	(111)
水力机械任意旋成面叶栅汽蚀绕流的变分原理及广义变分原理·····	张丕祚等	(118)
无叶离心泵的提出及其工作原理的数值模拟·····	沈天耀等	(121)
蜗流风机设计计算研究·····	王灿星等	(124)
旋转水力机械的叶剖面设计·····	潘森森等	(129)
渣浆泵的磨损与流体动力学(研究之一——叶片出口边)·····	韩 冰等	(132)

二、多相流动

扩散管内液固两相流的研究	刘天宝等	(139)
混相流中相的分离特性与减阻节能条件	邹履泰	(143)
液—气喷射器液体不循环与再循环系统及其效率方程	张晓男	(147)
管道输送固液混合物时的伯努利方程与泵的扬程	刘超等	(150)
闪速炉精矿喷嘴的气固两相流数值模拟	李国彦	(154)
旋转两相流的数值实验	李国彦	(157)
固粒穿越湍流边界层的运动性态	沈天耀等	(160)
带粒气固两相流的相似分析	凌志光等	(163)
砂金干选的风流边界层方法原理初探	章晓林	(167)
弯管内颗粒轨迹及对管壁磨损的数值计算	章本照等	(170)
两相流动波形板分离叶片设计	陈月林等	(173)
二相流技术在工业流体中的应用	蔡保元等	(178)

三、喷流技术及引射器

氧枪射流的实验研究	鲁守智	(183)
离心泵燃气射流自吸装置的基本原理	施卫东等	(189)
粘弹性流体毛细管射流的断裂(Breakup)实验研究	郭亮等	(193)
短程引射器混合管内流场温度场简化理论分析	张靖周等	(195)
用于淬火新工艺的平行射流计算	李文洲	(199)
水喷射器在蒸汽热回收中的应用	王同文等	(202)
喷射水流运动	常文海等	(205)
可调式旋缝节能喷嘴的工业应用试验研究	顾子良等	(209)
转笼式静电喷头雾化研究	郑加强等	(212)
气幕流场特性的数值模拟	陈怀永等	(216)
射流增氧喷头设计	张世芳等	(218)

四、流动噪声与控制

反声降噪数值研究	朱之堉等	(221)
----------	------	-------

凿岩机噪声控制与排气消声器设计·····	任 芬	(224)
通风空调系统阀门噪声的实验研究·····	王慕贤	(227)
含二次流的螺旋管振动特性的研究·····	胡 卫等	(231)
滚动活塞式旋转压缩机噪声分析与控制·····	黄幼玲等	(235)
泵汽式噪声的实验与理论分析·····	张幼新	(239)
含有流动流体的简支管道的振动与稳定性·····	张悉德等	(242)
陷落式圆柱腔的驻波振荡与剪切层自持振荡的耦合共振·····	衣云峰等	(248)
二维矩形腔流场显示·····	衣云峰等	(252)

五、排灌与航运中的流体力学问题

凤凰颈泵站自流排灌运行的几个水力学特性·····	虞邦义等	(257)
流速仪检定新法初探·····	杨汉塘	(260)
Supercalc 3 在水面曲线计算中的应用·····	李挹芬	(263)
水面蒸发——散热系数公式的比较与检验·····	毛世民	(266)
谈长江镇扬河段暨镇江港的整治·····	庄士贵	(270)
我校码头淤积与长江镇扬河段演变关系·····	骆筱润	(273)

六、管道流动与阻力

地下水电站主变通风阻力系数的测定·····	蔡增基	(275)
水击波在90°弯管中的传播·····	王树立等	(279)
弯管中导叶减阻措施的数值验证·····	何子干等	(283)
激光测圆管断面流速分布·····	王季楼等	(286)
简单管系中水锤与管道的相互作用·····	叶宏开等	(290)
平行球面壁间湍流进口段流动阻力的分析与计算·····	王致清等	(293)
泡沫铸铝的阻力系数测定·····	闻建龙等	(298)
扁圆螺旋风管沿程阻力特性的实验研究·····	吴国玠等	(300)
表面活性剂减阻特性的研究·····	马祥瑞等	(304)
流动混合机理与混沌·····	吴锤结	(308)
高层建筑室内给水环状管网水力计算·····	施永生	(311)
板式换热器内流动分布及其对换热的影响的实验研究·····	许淑惠等	(315)
管网数值计算的有限差分法·····	程兆雪	(318)
油液输运中加热减阻的最佳温度·····	刘惠枝等	(323)

“压水堆核电站液体冷却循环系统水锤计算模拟试验研究”简介	王学芳等	(327)
大管径翅片管束阻力特性的试验研究	田永生等	(329)
尾矿管道输送减阻实验研究	韩式方等	(332)
矩形高温蝶阀泄漏量的分析计算	王旭光等	(336)
连续均匀送排风管道的精确解设计计算的新公式	许渝笙等	(339)
等断面风道侧孔均匀送风计算的改进	黄桂清等	(343)
矿井坑道中有毒气体对流—扩散问题研究	李琳等	(348)
铝皂系列湍流减阻的实验研究	庞广根等	(356)
核电站三回路关阀停泵水锤试验研究	汤荣铭	(359)

七、热力设备中的流体力学问题

热力管道干线水力性能计算	王振羽	(361)
温差异重烟羽流运动轨迹的数学模拟	李晓芸等	(365)
水幕冷却系统流动规律的探讨	陈忠基等	(369)
曲管式层流冷却系统流动机理的探讨	程啸凡等	(373)
三元尾喷流辐射热流的数值分析	赵坚行	(377)
具有糊区相变对流传热问题的数值模拟	林建国等	(384)
机械通风冷却塔的内流分析及设计计算	魏民等	(387)

八、其它工业流体力学问题

新型恒温热线热膜流速计的动态方程	庄永基等	(391)
氧化塘的水力模型律和纵向离散系数	李兆年等	(393)
转动式叶轮增氧机移动速度分析	蒋锡琦	(397)
园环形压膜轴承	姚德良	(400)
不可压缩平面流场的“ $\omega-\psi$ 方法”中边界条件的研究和适定性表述	杨本洛	(405)
不可压流体流过二维微弯曲壁面的势流运动分析	芮策等	(410)
不型铝电解槽中交界面波动稳定性及定常形状的计算	张天等	(416)
特殊条件下微气体量的计量	周建和等	(421)
五元素风帆的试验研究	张绍清等	(425)
越山气流中风切变的实验研究	仲孝恭等	(429)
推板造波机的生波机理分析	杨建炯	(430)
磁性流体粘度的影响因素	章一鸣等	(435)

工业干油脂的流变力学性质研究·····	王毓宾等	(439)
径向交叉式迷宫密封中流动的数值模拟·····	侯 明等	(441)
一种新的有哥氏力修正的 $k-\varepsilon$ 湍流模式·····	沈天耀等	(445)
风能利用的发展与风洞试验·····	郑 思等	(448)
集飘片式流浆箱操作和维护初探·····	刘若飞等	(452)

螺旋离心泵叶轮中的三维势流计算

陈次昌 徐朗 高良润 谢达荣

(江苏工学院)

摘 要

螺旋离心泵属于无堵塞泵的一种,广泛用于泥水、浆料、甚至水果、蔬菜等的输送。本文将采用边界元法计算螺旋离心泵内的流动,为螺旋离心泵的设计提供依据,作为验证,本文同时测量了叶轮的扬程。

一、边界积分方程及其离散化

假定叶轮内的流动相对定常,绝对无旋,流体不可压缩,则速度势函数中满足下列方程:

$$\nabla^2 \Phi = 0 \quad (1)$$

上式可变换成下列边界积分方程

$$4\pi E \Phi(\vec{r}_p, *) = \int_S \left[\frac{1}{R^*} \frac{\partial \Phi}{\partial n} \right](\vec{r}^*) - \Phi(\vec{r}^*) \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{1}{R^*} \right) ds \quad (2)$$

式中: $E = \begin{cases} 1, r_p \text{ 在区域内} \\ \frac{1}{2}, r_p \text{ 在边界上} \\ 0, r_p \text{ 在区域外} \end{cases}$

$\vec{r}^*$: 边界面S上的位置矢量

$\vec{r}_p$: 空间区域内任意点的位置矢量;

$$R^*: R^* = |\vec{r}^* - \vec{r}_p| \quad (3)$$

n: 边界面的法线方向。

本文采用四边形常单元划分边界曲面。将节点取在四边形单元的中心点,函数值 Φ 在四边形单元内为常量,且等于中心点的函数值,即: $\Phi = \Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3 = \Phi_4$

如图2所示,建立无因次坐标 ζ_1 和 ζ_2 ,单元内任一点的坐标(x,y,z)与四个端点坐标之间的关系为

$$x = \sum_{i=1}^4 S_i x_i$$

$$y = \sum_{i=1}^4 S_i y_i \quad (4)$$

$$z = \sum_{i=1}^4 S_i z_i$$

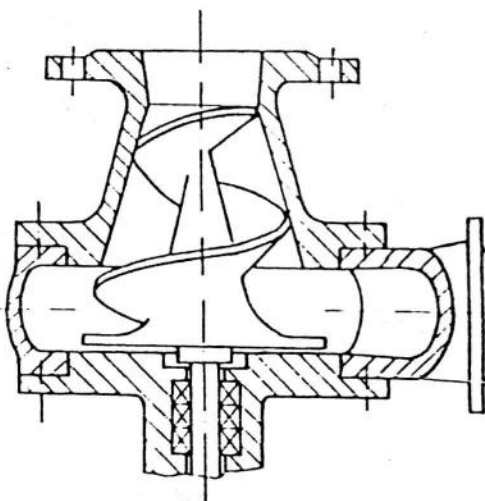


图1 螺旋离心泵

式中 (x_i, y_i, z_i) 为四边形单元第 i 个端点的直角坐标, S_i 为插值函数:

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{1}{4}(1 - \zeta_1)(1 - \zeta_2) \\ S_2 &= \frac{1}{4}(1 + \zeta_1)(1 - \zeta_2) \\ S_3 &= \frac{1}{4}(1 + \zeta_1)(1 + \zeta_2) \\ S_4 &= \frac{1}{4}(1 - \zeta_1)(1 + \zeta_2) \end{aligned} \quad (5)$$

把边界 S 分割成几个边界单元 S_j ($j=1, 2, \dots, n$),

其中 n_1 个边界单元属于边界 S_0 , 即此边界上函数值 Φ 已知, n_2 个边界单元属于边界 S_1 , 即此边界上 $\frac{\partial \Phi}{\partial n}$ 值已知, 总的边界单元数 $n=n_1+n_2$.

对于边界上任意点 r^* , 进行上述边界分割后, 边界积分方程(2)可离散成:

$$2\pi\Phi_i + \sum_{j=1}^n \int_{S_j} \Phi(r^*) \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{1}{R^*} \right) ds = \sum_{j=1}^n \int_{S_j} \frac{1}{R^*} \frac{\partial \Phi}{\partial n}(r^*) ds \quad (6)$$

令

$$\overline{H}_{ij} = \int_{S_j} \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{1}{R^*} \right) ds \quad (7)$$

$$G_{ij} = \int_{S_j} \frac{1}{R^*} ds$$

则式(6)可写成

$$2\pi\Phi_i + \sum_{j=1}^n \Phi_j(\vec{r}^*) \overline{H}_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{\partial \Phi}{\partial n}(\vec{r}^*) G_{ij} \quad (8)$$

上式可进一步写成

$$\sum_{j=1}^n \Phi_j(\vec{r}^*) \overline{H}_{ij} = \sum_{j=1}^n q_j G_{ij} \quad (9)$$

其中: $q_j = \frac{\partial \Phi_j}{\partial n}(\vec{r}^*)$

$$H_{ij} = \overline{H}_{ij} + 2\pi\delta_{ij} \quad (10)$$

δ_{ij} 为克罗内克(kronecker) δ , 即

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 0, i \neq j \\ 1, i = j \end{cases}$$

对于 n 个节点, 得到联立一次方程组, 可以用下列矩阵形式表示:

$$H\Phi = GQ \quad (11)$$

式中 H 和 G 是 $n \times n$ 阶的系数矩阵, Φ 和 Q 分别是边界单元节点的函数值和函数的法向导数值的列向量。

二、边界条件

在势流中, 势函数与速度之间存在如下关系:

$$\nabla \Phi = \vec{V} = \vec{W} + \vec{U} \quad (12)$$

式中: $\vec{V}$ ——绝对速度矢量;

$\vec{W}$ ——相对速度矢量;

$\vec{U}$ ——圆周速度矢量。

计算区域由叶轮上游入口面和入口口延伸面、下游出口面和出口延伸面、叶片表面、叶轮轮毂表面和吸入口泵壳表面构成, 边界条件如下:

1. 对叶轮上游入口面和下游出口面:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = \vec{W} \cdot \vec{n} \quad (13)$$

式中: $\vec{n}$ ——入口面和出口面法线方向。

2. 对叶片表面、轮毂表面和吸入口泵壳表面:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = \vec{V} \cdot \vec{n} = 0 \quad (14)$$

3. 对叶轮上游入口延伸面和下游出口延伸面存在着周期性条件:

$$\Phi(Z_1 \theta_1 + 2\pi r) = \Phi(Z_1 \theta_1 r) - \Gamma \quad (15)$$

$$\frac{\partial}{\partial n} \Phi(Z_1 \theta_1 + 2\pi r) = - \frac{\partial}{\partial n} \Phi(Z_1 \theta_1 r)$$

式中: Γ ——环量

4. 在叶片后缘处, 应满足库塔条件。

三、计算结果分析

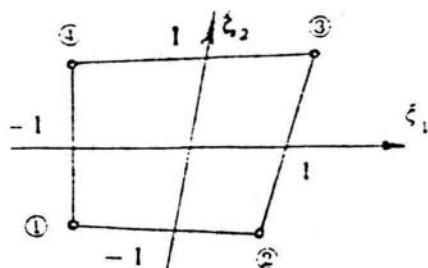


图2 元因次生标

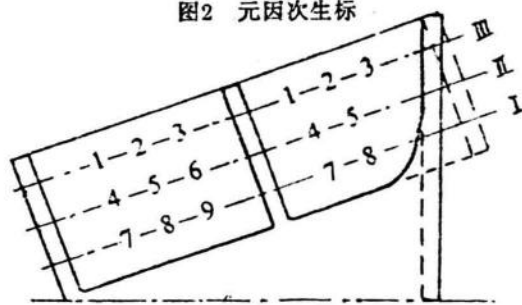


图3 计算回转面

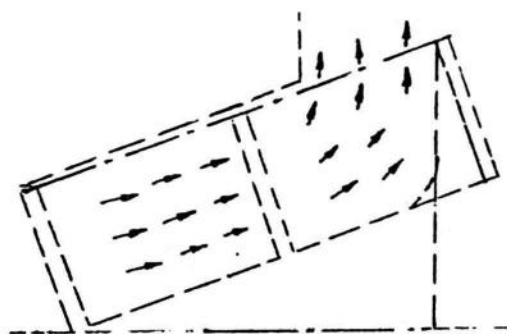


图4 流道中心面上的轴面速度分布

计算中将边界划分成544个四边形单元。

计算内点选择在三个回转面 I、II、III(见图3)及叶轮出口面上。

图4是流道中心面上的轴面速度计算结果,在设计流量下,轴面液流基本上沿着叶轮轮毂和泵壳型线流过叶轮。各回转面上绝对速度圆周分量 V_u 分布的计算结果示于图5。由图可知,在同一回转面上,半径值较大的叶片负压面处的流体扬程较高;而对整个叶轮来说,外缘处流体的扬程较高。

表1对比了根据数值计算结果所预测的泵的理论扬程与试验所得的泵的理论扬程。其中扬程和泵效率由试验得出,容积效率和机械效率参考离心泵给出,理论扬程根据水力效率和扬程求出。

表一 计算所预测的扬程与试验结果的比较

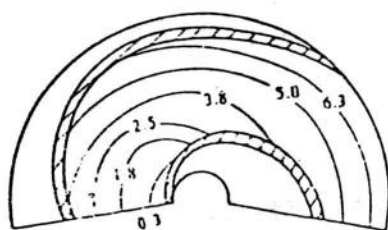
试验值						计算值
扬程 m	泵效 %	η_v %	η_m %	η_h %	理论 扬程 m	
6.71	50.12	95.8	85.0	62.1	10.8	11.6

四、结论

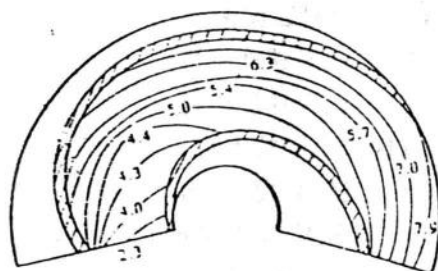
本文采用边界元法对螺旋离心泵叶轮中的三维势流进行了数值分析,预测了泵的扬程并与实测结果作了比较,结果表明,边界元法确实具有计算时间短,输入数据少的优点,同时具有足够的计算精度。

参 考 文 献

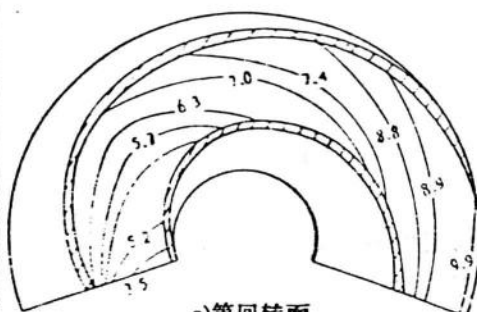
- [1] 三宅,他3名,パネル法企用ナ=轴流动翼の三次元流水解析,日本机械学会论文集 B.50-457(1984) P 2143.
- [2] 三宅,ほか3名,远心羽根车内ボランツヤル流 のパネル法=よる完全三次元解析,日本机械学会论文集 B.52-484(1986),P3993



a)第I回转面



b)第II回转面



c)第III回转面

图5 各回转面上圆周速度分布

水翼浆速度分布与流型研究

叶雯 戴干策 吴民权 沈剑平

(华东化工学院)

摘 要

本文应用激光多普勒测速仪(简称LDA)对水翼浆在搅拌器内的流动特性进行了测量和研究,并就水翼浆的设计参数、安装高度对速度分布及流型的影响作了分析讨论。为进一步改进水翼浆的流动特性,提高混合效果提供了一个依据。

一、前言

搅拌反应器在化学工业中应用甚广。搅拌浆叶的类型、结构与操作参数的选择对搅拌效果有显著的影响,并进而影响甚至决定化学反应的结果。长期以来这方面的研究主要是直接考察混合性能与上述诸参数的关系。随着流动测试技术的发展,特别是LDA的应用,使得对搅拌器内三维湍流流场的测量成为可能^[1],但多限于径向流浆叶——透平浆的流场特性研究^[2,3]。透平浆自40年代起用于搅拌,认为是比较理想的浆叶,但近年来对它的评价有了新的认识。主要是由于圆盘的存在,将釜内分成了以圆盘为界的上、下两个循环区,这对全釜的混合极其不利。因此发展轴向流浆叶以增强全釜的循环,引起了人们的重视。自1982年以来,美、英等国相继开发了一批新型轴向流浆叶——水翼浆,但至今尚未看到有关水翼浆流场特性的详细报导。为更加透彻地掌握水翼浆的流动特性,准确地预测其混合效果,很有必要对水翼浆的速度分布和流型进行深入的研究。

二、实验装置和测量方法

本研究使用的测量仪是丹麦丹迪公司生产的二维三光束激光多普勒测速仪,配用功率为3W的氢离子激光器。实验在图1所示的平底、圆柱形、具有4块档板的搅拌釜内进行。具体尺寸如图所示。选用三种不同设计参数的水翼浆K₁、K₃₂、K₄,它们分别具有不同的流量系数、压力系数和盘面比。

搅拌釜由有机玻璃制成,并将其放置于一个方形有机玻璃水池中,如图2所示,从而大大减小了由于圆柱形釜的存在而产生的光的折射,保证测量能够顺利准确地进行。利用水中原有杂质作散射粒子,并使用精度为10 μ m的滤芯,对水进行过滤,从而保证散射粒子具有足够好的跟随性。

由于搅拌釜内为三维湍流流场,而我们使用的是二维LDA。为得到釜内轴向、径向和切向三个方向的速度分量,先在图2中位置I处测得轴向和径向速度分量,然后移动搅拌釜和光路系统至位置II,可得对应点上切向速度。测点位移由计算机进行自动控制。整个釜内三维速度场由各个垂直平面得到,记档板所在垂直平面为 $\theta=0^\circ$ 平面。