

42
化学工业出版社

流体混合技术

[美] J·Y·欧舒 编著

71.2126

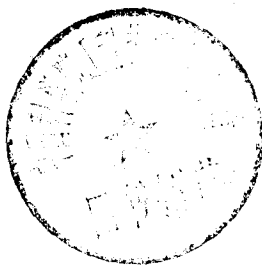
337

流体混合技术

〔美〕 J·Y·欧舒 编著

王英琛 林猛流 译
施力田 徐 鸿

徐 鸿 审校



化学工业出版社

102935

(京)新登字039号

内 容 提 要

本书主要讨论流体混合所涉及的流体力学问题、流体混合过程设计的原则和混合器功率消耗、机械设计及其在工业中的应用等内容。

全书共20章,第1章总论,第2章叶轮的流体剪切速率和泵送流量,第3章功率关联式和混合环境的影响,第4至第8章讨论一些物理过程的操作,第9章放大技术,第10至第14章讨论有关化学工艺的操作,第15章粘性和非牛顿流体的混匀,第16章连续流体混合,第17、18章介绍有关的机械方面的内容,第19章管道混合器,第20章工业应用。

本书目录、前言、七至九章、十二、十三、十九章和二十章第一至第四节、第六节由王英琛译,三至六章、十四至十六章和二十章第三节由林猛流译,作者中文序言、一、二、十、十一章由施力田译,十七、十八章由徐鸿泽,全书由徐鸿审校。

本书可供从事流体混合及有关化工、轻工、食品等领域研究、开发和生产的工程技术人员参考,也可作为高等院校有关系科师生的教学参考书。

J. Y. Oldshaw

Fluid Mixing Technology

McGraw-Hill Pub. Co., New York, 1983

流体混合技术

王英琛 林猛流 施力田 徐鸿 译

徐 鸿 审校

责任编辑:郭乃铎

封面设计:任 辉

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张23 $^{1/4}$ 字数581千字

1991年11月第1版 1991年11月北京第1次印刷

印 数 1—2,000

ISBN 7-5025-0966-6/TQ·563

定 价17.00元

作者简介

J. Y. 欧舒博士现为美国混合技术与设备有限公司 (Mixing Technology, Mixing Equipment Co. Inc.) 副总裁。该公司是通用信号公司 (General Signal) 的子公司。他曾在该公司担任过许多其他重要技术职务, 其中包括: 技术指导 (1963—1970); 研究指导 (1960—1963); 工程发展部主任 (1950—1959)。

在加入混合设备公司之前, 他是洛斯·阿拉莫斯国家实验室 (Los Alamos Laboratories) 的化学工程师, 参加过研制原子弹的“曼哈顿工程” (1946—1947)。

欧舒博士就学于伊利诺斯州理工学院, 于1947年获得化学工程学士学位, 并于1949及1951年分别获得化学工程硕士及博士学位。从那时以来, 他通过大量的讲学和著作对促进混合技术的发展作出了巨大的贡献。欧舒博士作为国内和国际上的一位混合技术权威, 一直积极参加有关学术组织的各种活动, 曾担任美国化学工程师学会 (AIChE) 中许多种委员会的主席。目前(1983)他是AIChE的财务长和1983年AIChE五十周年庆典主席。他也曾任AIChE主席(1979)和国际单位制委员会主席 (1974—1977) 等职。

欧舒博士通过不断的教学活动对混合技术领域作出了宝贵的贡献。他曾在世界许多地方讲学, 并讲授过由AIChE和其他学会组织的工程师继续教育课程。

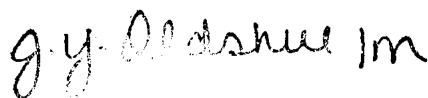
欧舒博士在化学工程方面的广博经验与学识对当今许多化工产品的生产技术都有重大影响。

作者中译本序言

流体混合这个领域在工业生产中的重要性日益增长。“流体混合”一书的目的是讨论流体混合所涉及的流体力学问题和流体混合过程设计的原则，包括混合器功率消耗、混合器机械设计及混合器在多种工业中的应用等方面的内容。

北京化工学院化学工程系与化工机械系的部分教师已将此书译成中文出版，这是一项重要的工作，它可为中国从事这一领域工作的工程技术人员提供帮助。将流体混合这样综合的题材从一种文字译成另一种文字是不容易的，对书中的一些概念如何恰当和确切地翻译，译者和我曾进行过通信探讨，同时也曾利用1989年我在北京参加国际会议和应邀访问北京化工学院的机会作了详细的讨论。

本书由王英琛、林猛流、施力田翻译，徐鸿总校。我愿意借此机会，对他们作出的努力与贡献表示感谢和赞赏，同时我还要表达我对北京化工学院流体混合科研组的鼓励与支持。他们现在正在进行着若干流体混合课题的基础研究，这些研究结果如能译成外文发表，将是中国的流体混合研究与发展对世界流体混合技术发展做出贡献的重要一步。



J.Y. Oldshue

前 言

在相当短的期间内,混合学科已从单凭经验估算的阶段发展到集中了广泛而有价值的资料并建立起系统知识的阶段。本书介绍了预计各类流体混合操作的结果所需要的现代基础知识。在设计工业规模的装置时,搅拌设备常常在全过程的优化中起重要作用。因此,必需根据过程的目标来确定哪些混合参数是起主要作用的,并且将这些知识正确地运用到工业规模的设计中去。

编写此书是为了帮助具有工程或科学基础知识的读者确立描述混合操作状况的判据和确定控制最终混合结果的重要参数。

第一章对五类基本的流体混合操作、叶轮的基本型式以及大多数流体混合装置中使用的各种容器进行说明。第二章与第三章介绍剪切速率、泵送能力、功率特性曲线和物理环境对混合过程的各种影响等概念。第四章至第八章讨论包括悬浮、乳化、分散、混匀和泵送等物理过程的操作。第九章专门研究放大技术。第十章至第十四章讨论有关化学工艺的操作,包括化学反应、三种传质类型和传热等内容。第十五章是对粘性流体、非牛顿流体混匀以及确定其设备具体尺寸的方法的详细分析。第十六章讨论连续流动中的混合问题。与流体混合技术有关的机械方面的内容放在第十七章和第十八章中。第十九章专门讨论包括各种静态混合器在内的管道混合技术。第二十章介绍了若干种混合技术的工业应用及其特点。

为了清楚地说明问题,书中引用了许多图表,大部分图是用最新的计算机绘图技术作出的。本书提供了分析混合问题的纲要以及确定和说明混合设备的方法,书中尽可能地使用了普遍采用的术语,并在必要时引入和定义了一些新的术语或表达式。全书采用英制单位并在括弧内注出相应的SI单位。

作者衷心感谢对本书做出了贡献的人们和混合设备公司(Mixing Equipment Co., Inc.),没有他们的时间、实验设备和鼓励,本书是不可能完成的。

James Y. Oldshue

目 录

前言

第一章 总论	1
一、引言.....	1
二、过程、功率和机械等方面要考虑的问题.....	2
三、五种应用类型.....	3
四、叶轮种类.....	4
五、槽体几何形状和叶轮位置.....	8
六、顶部插入式搅拌器(有挡板和无挡板槽中).....	9
七、侧面插入式搅拌器.....	13
符号说明.....	15
参考文献.....	15
第二章 叶轮的流体剪切速率和泵送流量	16
一、引言.....	16
二、流体速度.....	18
三、搅拌过程中流体剪切速率的重要性.....	22
四、操作费用和设备成本.....	25
符号说明.....	26
参考文献.....	26
第三章 功率关联式和混合环境的影响	27
一、引言: 功率、流量和压头.....	27
二、功率测量.....	29
三、功率关联式的推导.....	31
四、槽挡板的作用.....	33
五、叶轮的基本类型.....	37
六、叶轮位置的影响.....	41
七、电机与叶轮的负荷.....	43
符号说明.....	46
参考文献.....	46
第四章 低粘度流体的混匀	47
一、引言.....	47
二、工艺操作.....	47
三、混匀装置和操作方式.....	49
四、混匀实验.....	53
五、混匀关联式.....	54
六、设计方法.....	59

七、结论	59
符号说明	60
参考文献	60
第五章 固体悬浮	62
一、引言	62
二、悬浮状况的定义	63
三、沉降速度	65
四、工艺设计	66
五、机械方面要考虑的问题	75
六、单纯固体悬浮的应用	76
七、在悬浮液中叶轮的功率消耗	79
符号说明	81
参考文献	82
第六章 液-液乳化	83
一、引言	83
二、参数的相关关系	84
三、分散液滴的凝并	87
四、稳定性	87
五、最小叶轮转速和均匀分散的判据	89
符号说明	93
参考文献	93
第七章 气-液分散	94
一、引言	94
二、流动状态	94
三、工业规模气-液分散设备的设计	97
四、气-液混合的方法	98
符号说明	100
参考文献	101
第八章 搅拌叶轮的泵送作用	102
一、引言	102
二、理论分析	103
三、流动状况测量方法	106
四、开式叶轮	110
五、导流筒中的流动	117
六、提升式涡轮	119
七、叶轮的泵送效率	121
符号说明	124
参考文献	125
第九章 放大技术	126
一、引言	126

二、几何、动力和运动相似·····	126
三、剪切作用·····	129
四、搅拌过程的放大·····	130
五、中间试验·····	130
六、微观尺度混合与宏观尺度混合·····	133
七、实验步骤·····	134
八、小结·····	134
九、放大实例·····	135
符号说明·····	140
参考文献·····	140
第十章 化学反应 ·····	141
一、引言·····	141
二、宏观混合：流型对化学反应的影响·····	141
三、微观混合：分隔问题及扩散对化学反应的影响·····	145
四、小结·····	150
符号说明·····	150
参考文献·····	151
第十一章 固-液传质 ·····	152
一、引言·····	152
二、主要关联方法·····	152
三、脆性固体和生物固体·····	156
四、结晶·····	156
五、气-液-固过程·····	156
符号说明·····	157
参考文献·····	158
第十二章 液-液传质 ·····	159
一、引言·····	159
二、间歇操作中的传质关系·····	159
三、逆流多级操作·····	161
四、混合-澄清槽·····	165
符号说明·····	166
参考文献·····	167
第十三章 气-液传质 ·····	168
一、引言·····	168
二、浓度推动力·····	169
三、气体流量与搅拌功率对传质的影响·····	170
四、气体分布环直径对传质的影响·····	172
五、多叶轮装置中搅拌功率的分配·····	172
六、其它影响因素·····	172
七、悬浮液中的气-液传质·····	175

八、液面气体的吸入	177
九、气-液传质搅拌槽的形状	179
十、气-液-固系统	180
十一、传质速率的估算	180
符号说明	181
参考文献	181
第十四章 搅拌槽中的传热	182
一、引言	182
二、传热理论	182
三、传热系数的计算	185
四、档板	187
五、搅拌器的选择	188
六、小结	191
符号说明	191
参考文献	192
第十五章 粘性物料和非牛顿流体的混匀	193
一、引言	193
二、非牛顿流体	193
三、开式叶轮：混匀	196
四、混匀粘性物料时搅拌器的选择	196
五、选择搅拌器的程序	198
六、螺旋桨式和涡轮式叶轮在高粘度混合中的作用	211
七、螺带式叶轮和锚式叶轮	213
八、轴流式叶轮和螺带式叶轮的比较	218
九、连续体系和间歇体系的设计	218
十、溶剂的蒸发和回流	219
符号说明	219
参考文献	219
第十六章 连续流动混合	220
一、引言	220
二、单槽混合工艺	220
三、测量技术	222
四、串联混合槽	224
五、均相化学反应	225
六、连续多相反应	226
七、停留时间分布的影响	226
八、阻尼作用	227
九、混匀和溶解操作	228
十、逆流操作	228
十一、连续流动混合设备	230

符号说明	231
参考文献	231
第十七章 流体作用力	232
一、引言	232
二、流体作用力的测量	232
三、流体作用力计算的理论	234
四、关于流体作用力的实验结果	237
五、影响流体作用力的因素	238
符号说明	240
参考文献	240
第十八章 搅拌器的机械设计	241
一、引言	241
二、安装型式	241
三、特殊设计要求	243
四、原动机和传动装置	247
五、变速装置	247
六、搅拌器的齿轮传动	250
七、齿轮传动装置设计中需要考虑的问题	251
八、叶轮	256
九、搅拌轴	257
十、搅拌器的支承结构	267
十一、搅拌轴的密封装置	269
十二、搅拌器的维护保养	271
符号说明	273
参考文献	273
第十九章 管道混合器	274
一、引言	274
二、管道搅拌器	274
三、确定管道搅拌器大小的方法	277
四、静态混合器	278
五、静态混合器尺寸的确定	283
六、静态混合器的应用	285
七、静态混合器的其它应用	288
符号说明	288
参考文献	288
第二十章 工业应用	289
第一节 凝并与絮凝	289
一、背景	289
二、凝并	289
三、絮凝	289

符号说明	293
参考文献	293
第二节 聚合	293
一、引言	293
二、聚合机理	295
三、聚合方法	295
四、聚合粘度	298
五、聚合釜中的传热	300
六、剪切速率对产品质量的影响	300
七、需要的工业规模和中试规模数据	301
八、小结	302
参考文献	302
第三节 导流筒循环器的设计	302
一、引言	302
二、制铝工业中的应用	302
三、叶轮-导流筒体系的特性	306
四、导流筒的结构	308
五、槽底的结构	308
六、再悬浮与启动	309
七、操作经验	310
八、其它方面的应用	311
九、小结	316
符号说明	316
参考文献	316
第四节 发酵	317
一、引言	317
二、发酵技术概述	317
三、有氧发酵	318
四、流量和流体剪切作用	319
五、发酵罐形状	320
六、设计参数的确定	320
七、无氧发酵	322
符号说明	323
参考文献	323
第五节 食品工业	323
一、引言	323
二、奶品工业	323
三、植物油和动物油工业	325
四、饮料工业	327
五、淀粉工业	328

六、啤酒、葡萄酒和烧酒生产.....	331
七、燃料酒精生产.....	335
第六节 纸浆和造纸工业中的搅拌.....	337
一、引言.....	337
二、搅拌器选择.....	337
三、能量的节约.....	339
四、大槽搅拌.....	340
五、喷放仓和高浓度纸浆贮槽.....	343
六、管道混合器.....	344
七、制浆.....	345
八、漂白.....	345
九、搅拌器的机械结构.....	347
附录	350
一、基本符号.....	350
二、基准条件的定义.....	352
三、符号说明.....	353
四、搅拌叶轮参数的定义.....	354
五、功率诺模图.....	359

第一章 总 论

一、引 言

在化工过程及有关的工业生产中，流体混合工艺都占有很重要的地位。例如，在采矿、食品、石油、化工、医药、造纸、能源工业、城市及工业废水处理以及其它众多的过程中，流体混合都是极为重要的。在容器中实现混合操作有多种不同的方法，本书主要讨论装有叶轮型式搅拌器的搅拌槽和用于混合在管道中流动之物料的管道混合装置。

研究混合过程需要考虑以下几个方面的问题。首先要考虑的是容器对混合过程的影响。容器的几何形状、容积及结构决定着搅拌器的选择及混合特性。为了得到规定的混合结果，通常很难从工厂现有的容器中选出合用的容器，因为某些混合过程只能在某些特定尺寸和形状的槽内才能很好地完成。

其次要考虑的是用于给定过程的搅拌叶轮或叶轮组。图1-1所示为多年以来使用的多种叶轮。如果每个新的应用场合都要用一种新型叶轮，那将会出现很大的麻烦。因此，叶轮通常都制成相应的几何相似系列。搅拌叶轮可以产生两种基本流型：轴向流和径向流。目前还不能一般地说哪种流型是合乎各种混合过程要求的，这个问题与各种混合过程的目的有关，将是本书后面各章要讨论的一个问题。

径向流叶轮将流体从水平或径向方向排出至容器壁。假如容器内有适当的挡板，径向流叶轮由径向排出的液流也会产生很强的自顶部至底部的流动（或称流型），如无挡板，则可能产生打旋或旋涡。

轴流式叶轮使流体产生平行于叶轮轴的流动。轴流式叶轮单位搅拌功率产生的流量大于径向流叶轮产生的流量。这种叶轮通常用于由流动控制的各种场合中。在无挡板的容器中，轴流式叶轮和径向流叶轮一样，可能会使流体打旋。两种经常使用的轴流式叶轮是船用螺旋



图 1-1 各种不同类型的叶轮

102935

桨（图1-2）和轴流式涡轮（图1-4，也称为斜叶涡轮）。

从多种叶轮中选择采用某种叶轮的基本依据，取决于对混合要求（或过程效果）的全面确定。除非有一个需要满足的过程目标，否则就无法可靠地说明应该使用哪种混合器以及应该采用哪种或哪几种叶轮。此外，还必须知道被处理物料的规模或容积。叶轮的选择在某种程度上还取决于所需设备的尺寸。因此，必须注意规定和确定每个具体混合过程中将要实现的具体要求是什么。

把过程的“物理状况”与“混合状况”区别开来是很重要的。前者指的是描述过程目标的诸如速度、直观分散程度或循环时间等情况；而后者指的是说明过程的诸如传质、扩散或化学反应等情况。混合状况总是能对过程提供最好的描述。

如果用对流体运动、混匀和悬浮的直观描述作为对过程的近似描述，则这种描述与实际的过程性质之间可能会存在显著的差别。试图用直观的或物理的术语来描述一个过程可能是很不充分的。表1-1概述了解决混合操作问题的方法，表明了设计流体搅拌器所需要的三个主要步骤。

表 1-1 搅拌器设计的内容

I. 过程设计	1. 叶轮的流体力学
II. 叶轮的功率特性	2. 过程需要的流动型态
III. 机械设计	3. 放大；流体力学的相似性
	4. 叶轮的功率、转速和直径的关系
	5. 叶轮
	6. 轴
	7. 驱动装置

二、过程、功率和机械等方面要考虑的问题

在搅拌器设计中，把表1-1中列出的三个方面的问题区分开来是极为重要的。

过程设计

过程设计所需考虑的内容包括叶轮的流体力学（流动类型和流量，所产生的压头和剪切作用）、所需要的流动型态（层流、过渡流或湍流）、容器尺寸的变化（放大、流体力学的相似性）等。

叶轮功率特性

叶轮功率特性关联了流体性质、叶轮直径、叶轮转速和叶轮几何形状对功率消耗的影响。一个极为重要的概念是功率消耗与过程的特性完全无关，不管搅拌是否满足了混合过程的目标，这一概念都是正确的。通常，在确定了流体性质并且选定了叶轮类型和系统几何形状之后，还有三个变量，即功率、转速和叶轮直径。可是，功率 P 又是转速 N 和叶轮直径 D 的函数，因此实际上只有两个独立变量可供选择，而第三个变量则可由功率关联式确定（功率消耗将在第三章中进行全面讨论）。

因此，过程关联式包含了三个变量中的任意二个，并且通常是包含功率和叶轮直径，而转速则可以在过程选定后根据功率关联式计算出来。然而，这并不是说这种关联式不能用功率和转速或转速和叶轮直径来表示。关联式中包含哪些变量取决于用哪个变量能得到对过程机理的最好理解和哪个变量在设计中选择最为方便。

机械设计

在机械设计中,设计的主要内容包括:驱动装置、搅拌轴、叶轮、搅拌轴密封装置和原动机。在确定能满足相同混合要求的各种搅拌功率、转速、直径组合的结构、安装方式和设备成本的关系时,必须对可供选择的多种方案进行考虑。

通常不是只有一种搅拌器设计才能满足某一过程要求,而都会有几种能够满足同一过程要求的可供选择的方案,但这些方案在设备投资和操作费用上将有差别。在给定功率、转速和叶轮直径的条件下,设计时还必须根据初始投资、操作费用、维修费用及安装费用等作出经济核算。

三、五种应用类型

流体混合的特性可以用五种基本过程类型来表示。例如,在表1-2中间一列中,是把液-固、液-气、不互溶液体、互溶液体和流体运动等作为五种流体混合操作的主要应用类型。在该表的其它两列中,对应用作了进一步的区分,左边一列和右边一列是分别按物理过程和化学过程分类的,合在一起就可详细说明各主要应用类型中包含的各过程类型。

对于一个给定的应用类型来说,物理过程与化学过程的差异在于一个是用物理均匀性为判据,而另一个是以化学反应或传质为判据。

表 1-2 混合过程

物理过程	应用类型	化学过程
悬浮	液-固	溶解
分散	液-气	吸收
乳化	不互溶液体	萃取
混匀	互溶液体	化学反应
泵送	流体运动	传热

液-固混合

作为主要应用类型之一的液-固混合过程包括:

悬浮: 搅拌槽中各处悬浮均匀度的描述和规定,都可以用物理技术进行测量作出。

溶解: 固体被溶解,是一个从固相进入液相的相间传质过程。

液-气混合

液-气混合过程是另一个主要应用的类型,它可包括:

分散: 使气体在液体中分布和分散。

吸收: 是一种传质过程,例如发酵过程中氧气从气相传递到液相和固相中。

气-液的物理分散,通常不是气-液过程的最终目的。在很多情况下,说明书中要求有一定体积的气体分散在液体中,但这种要求通常并不是该体系的关键性要求。只有当过程产物为泡沫或发泡材料时才有这种要求。通常,气-液分散是一个由气泡向液体的气-液传质步骤,例如磺化、氯化 and 氧化时的情况那样。当分散的最终结果是要求进行化学反应或传质时,根据物理分散情况来确定搅拌器通常将是不恰当的。

不互溶液体混合

液-液过程中,对很多产品的最终要求是要得到稳定的乳化液,例如洗发香波、抛光剂以及其它一些特殊化工产品。在这种情况下,对乳化液的类型和稳定性采用物理描述方法是完全合适的。而另一方面,在液-液萃取中,不稳定的乳化作用(液体分散作用)则仅仅是作为一种传质方法而被采用。通常,这种分散还必须考虑到它的再澄清作用,以便在后续操作中分离各相。因此,这种乳化性质的描述只是对传质步骤的要求来说才是合适的。

互溶液体混合

互溶液体的混匀是一种常见的过程要求,并且可用物理指标来对最终的混匀结果进行描述。但是,这种描述方法并不是想象的那么简单。因为假如真正是对均匀性的物理尺度提出要求的话,则规定这种“考察尺度”就要涉及比想象中复杂得多的分析技术。就很多贮槽或混匀槽而言,对混匀都没有作精确的描述或定义,甚至也不需要;其过程选择是极为原始的。但是,在化学反应领域中,均匀性则是很重要的,因为化学反应动力学分析通常都要求已知定量表示的各反应物的浓度。这里要涉及宏观尺度混合和微观尺度混合等概念。在要求更深入地研究反应物均匀性的各种尺度时,就将发现这些概念是极其复杂的(参看第十章,化学反应)。

流体运动

流体运动是混合应用类型中的最后一类,这是一种综合性的分类。在这类过程中,混合要求是用流体的运动或另一些流体参数来进行描述的。或者这种流体运动要求就是搅拌槽中的最终要求,或者已知或假定满足了这种流体运动要求也就能满足这一过程的其他要求。研究流体运动需要有关于叶轮泵送流量的知识和描述搅拌叶轮排出流体的特性的方法。为了对流体运动进行完全的描述,另外还要了解流体在槽底、挡板以及液体表面附近流动时的复杂情况。

在表1-2的右边一列中还包括有传热一项。不管是通过蛇管还是通过槽壁的传热,促进传热的流体湍动一般都是由传热面本身引起的。此时搅拌器的主要作用就是提供横扫过这些壁面的流动。

很多过程都包含了表1-2中间一列所示的五种基本应用类型的联合作用,例如液-固-气和液-液-固-气。另外还可能有多种组合。实际上,大多数混合过程都包含有这五种基本应用类型中的若干种,因此必须确定每一种类型对达到需要得到的过程结果所起的作用是什么。

尽管这五种基本应用类型有很多共同的特性,但本书将对它们分别进行讨论,还要讨论联合应用时它们之间的相互作用。在后面几章中将对这五种基本类型的流动型态、放大特性以及实际应用经验等问题进行研究。

四、叶轮类型

叶轮可以分成两大类型:轴流式叶轮和径向流叶轮。轴流式叶轮产生的流体流动基本轨迹是沿着搅拌轴方向(平行于搅拌轴),径向流叶轮则使流体沿叶轮半径方向排出。

轴流式叶轮

轴流式叶轮包括螺旋桨,它的设计通常是基于螺旋理论,要求整个叶片表面的螺距为常数。这就意味着叶片角从叶端至轮毂处是连续增大的,如图1-2所示。

螺距与叶轮直径之比(或简称螺径比)等于以桨叶直径为单位量出的、当叶轮在流体中旋转一周时叶片将流体向前推进的距离。例如,螺径比为1.0的螺旋桨(常称为方形螺距),在叶轮旋转一周时推进流体的距离在数值上等于叶轮直径。大多数轴流式叶轮的螺径比都在0.5~1.5的范围内。图1-3所示为一种定螺距叶轮(图中左边的一半)和一种变螺距叶轮(图中右边的一半)的流动分布示意图。图1-3右边的一半和图1-4所示的变螺距轴流式叶轮的叶片角为常数,这意味着它的螺距是从叶片的端部到根部连续变化的。这类叶轮产生的排液速度和剪切速率也是沿叶轮直径变化的,但它便于采用装配式结构,制造和维修费用较低,尤其是用于大尺寸的设备更为经济。

在叶轮直径和转速相同的条件下,螺旋桨的功率消耗小于大多数其它叶轮的功率消耗。