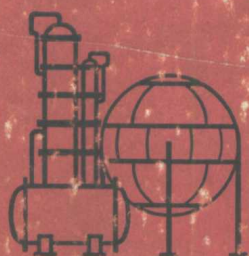


化工设备设计全书

# 搅拌设备设计

化工设备设计全书编辑委员会



上海科学技术出版社

TQ051.7

4

化工设备设计全书

# 搅拌设备设计

主 编

化工部设备设计技术中心站 陈乙崇

编 写

兰州化学工业公司设计院	衣 军
北 京 化 工 学 院	王尚武
华 东 化 工 学 院	杨福媛
大庆石油化工设计院	于广彦
化学工业部第一设计院	苏敏贤

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

本分册主要介绍了搅拌设备的型式及其应用, 论述了传动装置、搅拌器和轴封以及某些特殊构件的结构与设计, 对于制造和检验中的问题, 也有所涉及。为便于使用, 还选编了一定数量的例题。

本分册可供从事化工搅拌设备设计人员及与此相关的技术人员以及高等院校有关专业的师生参考。

化工设备设计全书

搅 拌 设 备 设 计

化工部设备设计技术中心站·陈乙崇 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 插页 4 字数 429,000

1985 年 11 月第 1 版 1985 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—7,700

统一书号: 15119·2413 定价: 4.65 元

## 前 言

鉴于广大化工设备设计人员的要求,在化学工业部的领导下,由化学工业部设备设计技术中心站组织全国近百所高校、工厂、科研和设计单位,共同编写了这部《化工设备设计全书》,供从事化工设备专业的设计人员使用。

《化工设备设计全书》以结构、强度的设计计算为主,从基础理论、设计方法、结构分析、标准规定、计算实例等方面进行系统的阐述,并对化工原理的设计计算作了简介。在实用的前提下,尽量反映国内及从国外引进的先进技术,并努力吸取当前国外新技术动向,总之,本书旨在搞好设备结构、强度设计的同时,结合化工过程的要求去研究改进设备的设计,提高设备的生产效率,降低设备的制造成本,实现化工单元操作的最佳化。

本分册——《搅拌设备设计》,扼要地介绍了钢制液相搅拌设备的结构与设计。

本分册经化学工业部第六设计院李肇鏊同志、化学工业部第一设计院卓克涛同志校审,北京化工学院王尚武同志统一全稿。

本分册各章由下列同志参加编写:第一章衣军,第二章王尚武,第三章杨福媛,第四章于广彦,第五章苏敏贤,第六、七章陈乙崇。

由于化工生产发展迅速,我们掌握情况有限,本分册的内容还会有不足和错误之处,热忱希望广大读者提出宝贵意见,以便再版时补充改正。

在本分册编写和审校的过程中,得到了很多单位和同志的大力协助和指导,在此致以深切的谢意。

《化工设备设计全书》编辑委员会  
一九八三年

## 化工设备设计全书编辑委员会

### 主任委员

洪国宝 燕山石油化学总公司设计院

### 副主任委员

黄力行 南京化学工业公司

李肇臻 化学工业部第六设计院

姚北权 化学工业部第四设计院

琚定一 华东化工学院

寿振纲 国家医药局上海医药设计院

金国森 化学工业部设备设计技术中心站

### 委员

张冠亚 兰州化学工业公司设计院

杨慧莹 化学工业部第八设计院

汪子云 化学工业部化工设计公司

卓克涛 化学工业部第一设计院

苏树明 广东省石油化工设计院

# 化工设备设计全书

九

分册名称	主要内容
化工设备用钢	钢的冶炼; 常温机械性能和断裂韧性; 热处理和可焊性; 中、高温机械性能和组织稳定性; 腐蚀及耐蚀性; 碳钢和低合金高强度钢; 低温用钢; 低合金耐热钢; 不锈钢及耐热高合金钢。
化工容器设计	旋转薄壳与平板的基本理论及应用; 筒体和封头; 特殊形状容器; 局部应力; 开孔补强; 法兰、支座、防爆膜设计; 容器附件; 容器焊接、制造及检验; 容器保温结构。
高压容器设计	力学基础; 断裂力学在压力容器上的应用; 厚壁容器; 蠕变; 密封设计; 高压容器零部件设计; 高压容器的开孔与衬里; 高压容器的用材、破坏与检验。
超高压容器设计	超高压容器的筒体结构型式; 应力分析及强度计算; 自增强技术及其应用; 疲劳及其设计计算; 零部件设计; 超高压容器的用材、检验和安全技术。
真空设备设计	真空技术的理论基础; 真空获得设备; 真空测量与检漏; 真空容器及化工设备设计; 真空密封; 真空系统设计及附件。
换热器设计	流体流动及传热; 管壳式换热器的结构设计; 管壳式换热器元件强度和刚度计算; 螺旋板式、板片式及其它换热器; 管壳式换热器的制造、检验、安装及维修。
塔设备设计	塔设备的化工设计; 塔盘形式及其化工计算; 塔盘结构设计; 填料塔、萃取塔设计; 受压元件的强度设计和稳定校核; 辅助装置及附件; 制造、安装及运输。
搅拌设备设计	搅拌过程与搅拌器; 搅拌设备的传热, 搅拌罐结构设计; 传动装置及搅拌轴; 轴封; 制造及检验。
球形容器设计	材料选用; 结构设计; 强度计算; 组装; 焊接; 检验。
大型贮罐设计	贮罐尺寸的选择; 化工贮罐的设计; 罐壁、罐底、罐顶设计; 低压贮罐设计; 贮罐附件及其选择; 消防及安全措施; 制造、焊接与检验; 贮罐对基础的要求; 贮罐搅拌器。
废热锅炉设计	结构设计; 热力计算; 阻力计算; 元件强度计算; 材料; 制造、安装与检验; 水处理; 运行。
干燥设备设计	干燥过程基础; 厢式、带式、流化床、气流、喷雾、滚筒、回转圆筒干燥器设计; 新型干燥器、组合式干燥器及其设计; 主要辅助设备设计。
除尘设备设计	粉尘的特性与除尘器的性能; 重力沉降室和惯性除尘器; 旋风、过滤式除尘器; 电除尘器; 湿式除尘器; 除尘系统设计; 含尘气流的测定。
铝制化工设备设计	材料; 设计计算; 结构; 制造与检验。
钛制化工设备设计	钛材的机械性能、物理性能和耐蚀性; 钛制设备的设计计算; 设备结构设计; 制造和检验。
硬聚氯乙烯塑料制化工设备设计	硬聚氯乙烯原材料及其性能; 设备设计与结构; 接管设计; 施工、安装与验收。
石墨制化工设备设计	不透性石墨材料及制造工艺; 不透性石墨制品设备及设计计算; 设备制造; 原材料分析及物性测定。
钢架设计	钢架材料及荷载; 设计原理; 梁、柱的设计; 构件连接构造及计算; 设备支架; 操作平台; 塔平台; 动荷载作用下的钢架设计; 抗震设计; 防腐和防火。

由

五四五二

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
第一节 搅拌设备在工业生产中的应用 .....	1
第二节 搅拌物料的种类及特性 .....	8
一、牛顿型流体 .....	9
二、非牛顿型流体 .....	9
第三节 搅拌装置的安装型式 .....	10
一、立式容器中心搅拌 .....	10
二、偏心式搅拌 .....	11
三、倾斜式搅拌 .....	11
四、底搅拌 .....	11
五、卧式容器搅拌 .....	12
六、旁入式搅拌 .....	12
第二章 搅拌过程与搅拌器 .....	15
第一节 搅拌过程与搅拌器型式 .....	16
一、搅拌过程的种类以及对搅拌的要求 .....	16
二、搅拌器的功能 .....	20
三、搅拌器的选型 .....	30
四、搅拌附件 .....	38
第二节 搅拌器的功率 .....	40
一、搅拌器功率和搅拌作业功率 .....	40
二、影响搅拌器功率的因素 .....	41
三、均相系搅拌的搅拌器功率 .....	43
四、非均相系搅拌的搅拌器功率 .....	61
五、从搅拌作业功率的观点决定搅拌过程的功率 .....	63
第三节 搅拌器、搅拌槽的比拟放大 .....	72
一、搅拌过程的比拟放大基准 .....	72
二、寻找比拟放大基准的试验方法 .....	74
第四节 搅拌器的结构与强度计算 .....	75
一、搅拌器的结构 .....	75
二、搅拌器的强度计算 .....	82
第三章 搅拌设备的传热 .....	95
第一节 传热方式 .....	95
一、夹套传热 .....	95
二、蛇管 .....	96
三、夹套加内传热挡板 .....	97
四、其他 .....	97

第二节 液体搅拌中的传热	99
一、给热系数关联式	99
二、传热系数 $K$ 的计算	107
三、加热时间计算	112
四、高粘度液体的传热	114
第三节 液体搅拌中传热过程的放大	118
一、以雷诺准数保持恒定的动力相似为基准	119
二、以搅拌器叶端线速度 $Nd_j$ 不变来进行放大设计	119
三、保持放大前后的对流给热系数相同	120
四、以单位体积功率保持不变来衡量对传热的影响	120
五、以单位体积物料的传热速率保持不变为基准	122
第四章 搅拌罐结构设计	125
第一节 罐体的尺寸确定及结构选型	125
一、罐体的长径比和装料量	125
二、搅拌罐结构选型	127
第二节 顶盖的结构及强度计算	131
一、顶盖	131
二、底座结构	131
第三节 传热部件的结构及强度计算	132
一、夹套	132
二、蛇管	146
第四节 工艺接管及观测部件	149
一、加料管	149
二、压出管	150
三、卸料管	151
四、温度计套管	151
五、保温视镜	151
六、保温接管	152
第五章 传动装置及搅拌轴	153
第一节 传动方式及选型	153
一、几种传动的方式	153
二、电动机的选择	157
三、减速机的选择	162
四、联轴节	167
第二节 机座及轴承	171
一、机座	171
二、轴的支承条件	173
三、中间轴承及底轴承	175
第三节 轴的计算	179
一、强度及刚度计算	179
二、临界转速	187



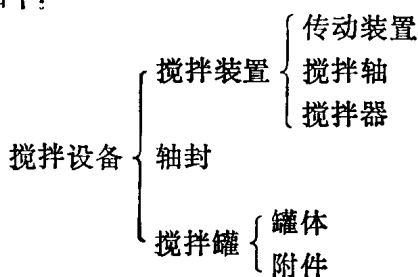
第六章 轴封 .....	217
第一节 填料密封 .....	217
一、填料密封的作用原理 .....	217
二、密封填料的材料 .....	218
三、填料的结构 .....	221
四、填料密封的设计及有关计算 .....	224
五、几种搅拌轴填料箱的结构 .....	230
第二节 机械密封 .....	232
一、机械密封的原理 .....	232
二、机械密封的分类 .....	233
三、机械密封对材料的要求 .....	236
四、静环的结构和固定 .....	240
五、机械密封的有关计算 .....	241
六、搅拌器机械密封的几种结构 .....	254
第三节 与密封有关的其他装置 .....	256
一、填料密封的防污染装置 .....	256
二、机械密封的防污染装置 .....	257
三、机械密封冷却和润滑液的循环 .....	257
四、利用设备自身压力的加润滑液装置 .....	258
第七章 制造及检验 .....	261
第一节 零部件的加工要求及检验 .....	261
一、轴的加工要求及在各种转速下的平直度公差 .....	261
二、搅拌器的加工要求和动、静平衡的精度 .....	261
三、填料密封主要零部件的加工要求 .....	262
四、机械密封主要零件的加工要求及检验 .....	263
五、搅拌设备壳体的制造要求和检验 .....	264
第二节 搅拌设备的试运转 .....	264
符号说明 .....	266
参考文献 .....	268
附录一、常用物质在常压下的粘度 .....	269
附录二、几种测定方法 .....	272

# 第一章

## 绪 论

搅拌可以使两种或多种不同的物质在彼此之中互相分散,从而达到均匀混合;也可以加速传热和传质过程。搅拌操作的例子颇为常见,例如在化验室里制备某种盐类的水溶液时,为了加速溶解,常常用玻璃棒将烧杯中的液体进行搅拌。又如为了制备某种悬浮液,就要用玻璃棒不断地搅动容器中的液体,使固体颗粒不致沉下,而保持它在液体中的悬浮状态。在工业生产中,搅拌操作是从化学工业开始的,围绕食品、纤维、造纸、石油、水处理等,作为工艺过程的一部分而被广泛应用。

搅拌操作分机械搅拌和气流搅拌。气流搅拌是利用气体鼓泡通过液体层,对液体产生搅拌作用,或使气泡群以密集状态上升借所谓气升作用促进液体产生对流循环。与机械搅拌相比,仅气泡的作用对液体所进行的搅拌是比较弱的,对于几千厘泊以上的高粘度液体是难于适用的。但这种搅拌无运动部件,所以在处理腐蚀性液体,高温高压条件下的反应液体之搅拌是很便利的。在工业生产中,大多数的搅拌操作均系机械搅拌,因此本书主要叙述的是常见的机械搅拌,以中、低压立式钢制容器的搅拌设备为主。搅拌设备主要由搅拌装置、轴封和搅拌罐三大部分组成。其构成形式如下:



搅拌设备的结构图如图 1-1 所示。

### 第一节 搅拌设备在工业生产中的应用

搅拌设备在工业生产中应用范围很广,尤其是化学工业中,很多的化工生产都或多或少地应用着搅拌操作。化学工艺过程的种种化学变化,是以参加反应物质的充分混合为前提的,对于加热、冷却和液体萃取以及气体吸收等物理变化过程,也往往要采用搅拌操作才能得到好的效果。搅拌设备在许多场合是作为反应器来应用的。例如在三大合成材料的生产中,搅拌设备作为反应器,约占反应器总数的 90%。其它如染料、医药、农药、油漆等行业,搅拌设备的使用亦很广泛。有色冶金部门对全国有色冶金行业中的搅拌设备作了调查及功率测试,结果是许多湿法车间的动力消耗 50% 以上是用在搅拌作业上。搅拌设备的应用范围之所以这样广泛,还因搅拌设备操作条件(如浓度、温度、停留时间等)的可控范围较广,又能适应多样化的生产。

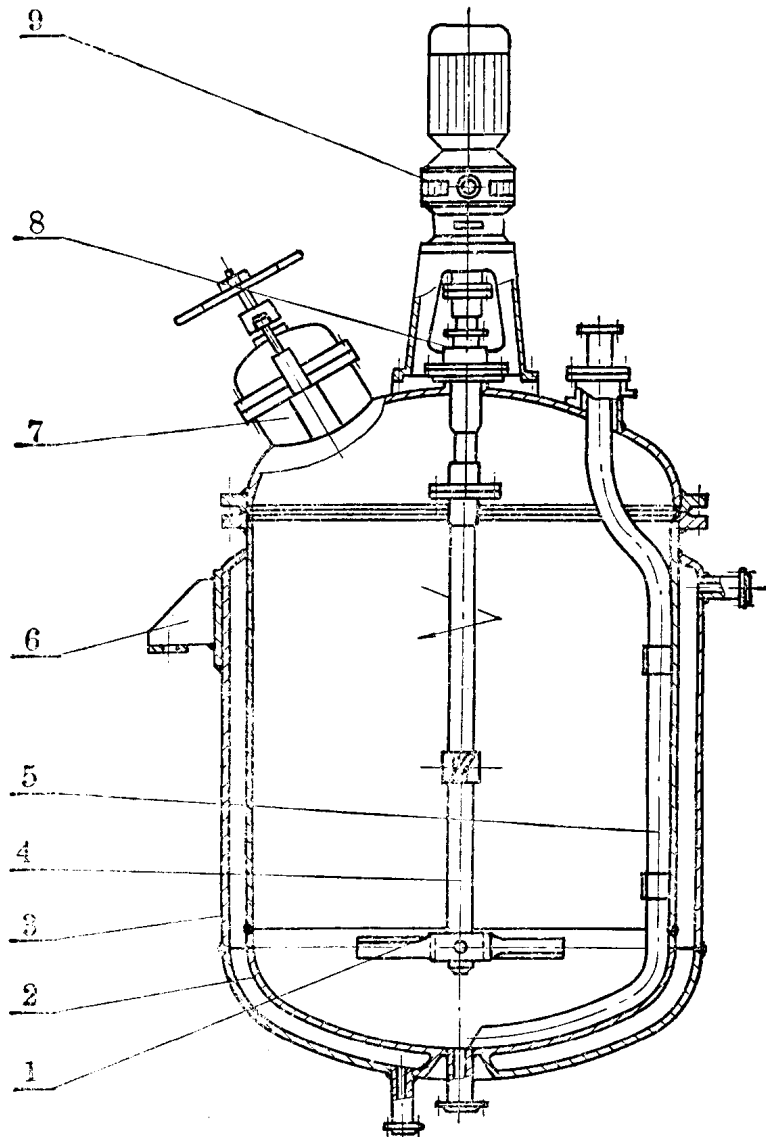


图 1-1 搅拌设备结构图

1—搅拌器 2—罐体 3—夹套 4—搅拌轴 5—压出管  
6—支座 7—人孔 8—轴封 9—传动装置

搅拌设备的作用不外乎：①使物料混合均匀。②使气体在液相中很好地分散。③使固体粒子(如催化剂)在液相中均匀地悬浮。④使不相溶的另一液相均匀悬浮或充分乳化。⑤强化相间的传质(如吸收等)。⑥强化传热。对于均匀相反应，主要是①、⑥两点。混合的快慢，均匀程度和传热情况好坏，都会影响反应结果。至于非均相系统，则还影响到相界面的大小和相间的传质速度，情况就更复杂，所以搅拌情况的改变，常很敏感地影响到产品的质量和数量。生产中的这种例子几乎俯拾皆是。在溶液聚合和本体聚合的液相聚合反应装置中，搅拌的主要作用是：促进釜内物料流动，使反应器内物料均匀分布，增大传质和传热系数。在聚合反应过程中，往往随着转化率的增加，聚合液的粘度也增加。如果搅拌情况不好，就会造成传热系数下降或局部过热，物料和催化剂分散不均匀，影响聚合产品的质量，也容易导致聚合物粘壁，使聚合反应操作不能很好地进行下去。

在互不相溶的液体之间或液体和固体相互作用时，搅拌在加速反应的进行方面起着非常重要的作用。因为增加一物相混入另一物相的速度，接触面就会增大，物质就以较大速度相互作用。在某些情况下，搅拌是在反应过程中创造良好条件的一个重要因素。例如，使传热作用加强，减少局部过热，以及避免加热过程中物质焦化等。如高压聚乙烯生产中，由于搅拌器的作用，使反应器内有一定的停留时间，更重要的是使催化剂在器内分布均匀，以防止局部猛烈的聚合作用而造成爆炸。因此搅拌设备在工业生产中起着非常重要的作用。

搅拌设备在石油化工生产中被用于物料混合、溶解、传热、制备悬浮液、聚合反应、制备催化剂等。例如石油工业中，异种原油的混合调整和精制，汽油中添加四乙基铅等填加物而进行混合，使原料液或产品均匀化。化工生产中，制造苯乙烯、乙烯、高压聚乙烯、聚丙烯、合成橡胶、苯胺染料和油漆颜料等工艺过程，都装备着各种型式的搅拌设备。

在石油工业中因为大量应用催化剂、添加剂，所以对搅拌设备的需要量很大。由于物料操作条件的复杂性、多样性，对搅拌设备的要求也复杂化了。如炼油厂的硅铝反应器、打浆罐、钡化反应釜、硫磷化反应釜、烃化反应釜、白土混合罐等都是装有各种不同型式搅拌器的搅拌设

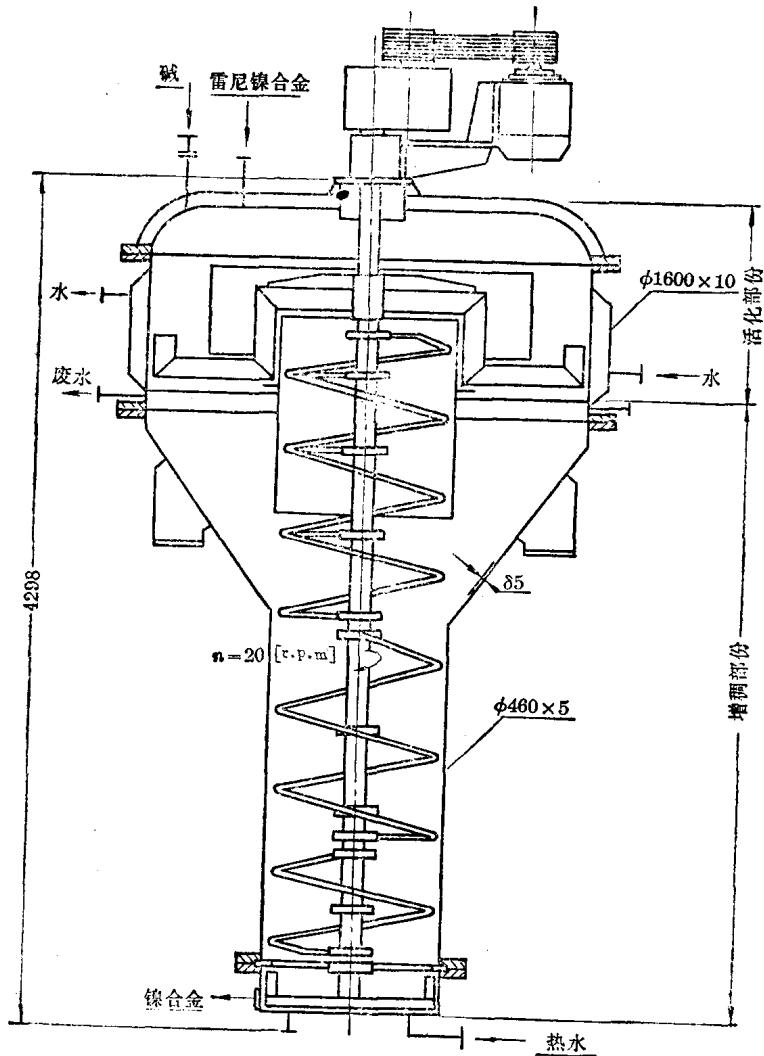


图 1-2 催化剂活化设备图

备。大型原油贮罐中,由于原油里含有多种不同的组分,各组分重度不同,因此油罐中会出现各处组成不一的现象,为使油罐中上下组成均一,就必须将原油不断地进行搅拌。

搅拌设备在化学纤维生产中,如聚酯、尼龙等生产装置中就有很多种类。功率从 0.09~7 kW,转速从 6.5~1500 rpm,种类繁多,桨叶的型式也多种多样。如催化剂活化设备,是将雷尼镍催化剂在进入加氢反应器前在该设备中活化。活化过程是用 NaOH 和含在合金中的铝进行化学反应,产生可溶性的铝酸钠而形成骨架镍,以促进其活化。活化设备的本体分两大部分,上部是活化部分,下部是增稠部分(图 1-2)。搅拌器安装在罐顶,功率为 5.5 kW,转速为 20 rpm。在同一轴上分别装有三种搅拌器。在设备的活化部分,有特殊锚式搅拌器,

可加速并充分完成活化过程。设备中间的螺带式搅拌器是为了促进增稠作用,因为热工艺水由罐底进入后,使向上逆流洗涤活化液,将较轻的铝酸钠和过量的 NaOH 向上冲洗,直至由增稠部分顶部的废水出口排出。设备底部的锚式搅拌器是为了防止较重的镍长期沉积在罐底。

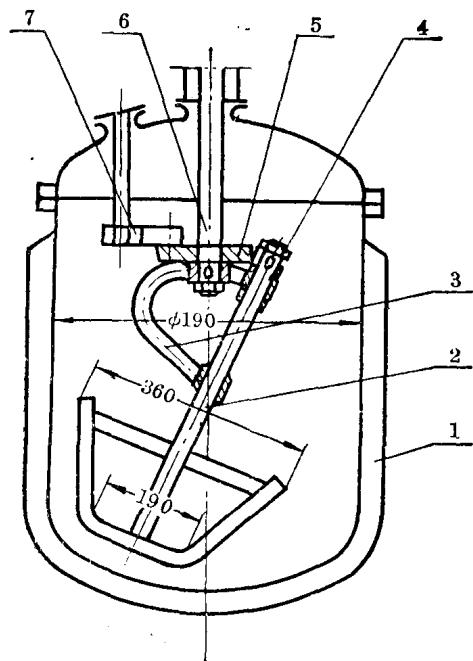


图 1-3 行星式搅拌器简图

- 1—夹套 2—搅拌锚 3—曲柄 4—小圆锥齿轮  
5—大圆锥内齿轮 6—传动轴 7—固定夹

在新型农药——胺菊酯的工业化试验中,在液相中以铜粉为催化剂的反应,成功地使用了行星搅拌器(图 1-3)。主要由一对圆锥齿轮和一根带有曲柄的锚式搅拌器组成。当传动轴通过曲柄带动搅拌器转动时,搅拌器上端的小圆锥齿轮绕着大圆锥齿轮滚动,从而获得了两种方式的运动。一种是以搅拌器本身为轴心的转动,称为“自转”,另一种是旋转的搅拌器以反应釜中心线为轴心的转动,称为“公转”。这两种运动互相迭合,使流体在釜内既有垂直方向的运动,又有水平方向的运动。强烈的对流遍及反应釜内每一个角落,从而使比重相差悬殊的固、液两相混合,解决了因铜粉易沉淀、不易混合均匀的问题。

生产高压聚乙烯的反应器是超高压反应设备,乙烯气与催化剂、调节剂进入反应器后在 2000 kgf/cm<sup>2</sup> 的超高压、250°C 的高温下进行聚合。反应器内有一搅拌器进行搅拌(图 1-4)。根据产品种类不同,可在搅拌轴上安装区间挡板,组成单区操作或同压异温的双区操作。由于采用带槽和开有孔的搅拌轴,在保证刚性的条件下,大大地减轻了轴的重量,而且增加了反应空间,改善了搅拌性能。在轴的两端带有平衡块,以满足调整轴的动平衡精度的要求。桨叶为弓形,用螺钉与轴连接。搅拌轴桨叶与筒体内壁的间隙较大,为 55 mm,区间挡板与筒体内壁的间隙为 16 mm。搅拌转速为 1000 rpm 或 1500 rpm。搅拌的传动装置电机等亦装在反应器内,这样避免了超高压条件下的动密封问题。

电影胶片厂使用了高速搅拌器(图 1-5),转速达 8000~10000 rpm。在搅拌头内,装有与搅拌轴直联的高速回转透平转子,它以微小的间隙安装在不动的固定子内。操作时,由于轴的高速回转,带着透平转子高速回转,这样,便在搅拌头的上下部位形成压力差,被搅拌的液体便沿着搅拌头底部的吸入孔不断地吸入,吸入的液体经固定子与转子之间的缝隙流至上部,并

以极大的动能冲至上部折流板,液体再被折流板折回,并沿搅拌器边壁流至搅拌器底部。由于液体不断受到反复的强制循环,同时在搅拌头内又承受着高速旋转的转子与固定子产生的强烈剪切、撞击、粉碎、研磨等作用,因此能在极短的时间里使被分散物质微粒化、均匀化。这种搅拌设备用于彩色胶片成色剂分散时,分散后的油珠细小、均匀,一般在 $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ 之间,制成的影片效果好。这种搅拌设备不仅可用来分散油溶性成色剂,而且对染料、涂料、印刷材料、化纤、食品工业也是一种理想的设备。

搅拌设备使用历史悠久,应用范围广,但对搅拌操作的科学研究还很不够。搅拌操作看来似乎简单,但实际上,它所涉及的因素却极为复杂。对于搅拌器型式的选择,从工艺的观点以及力学观点来说,迄今都是研究得不够的。

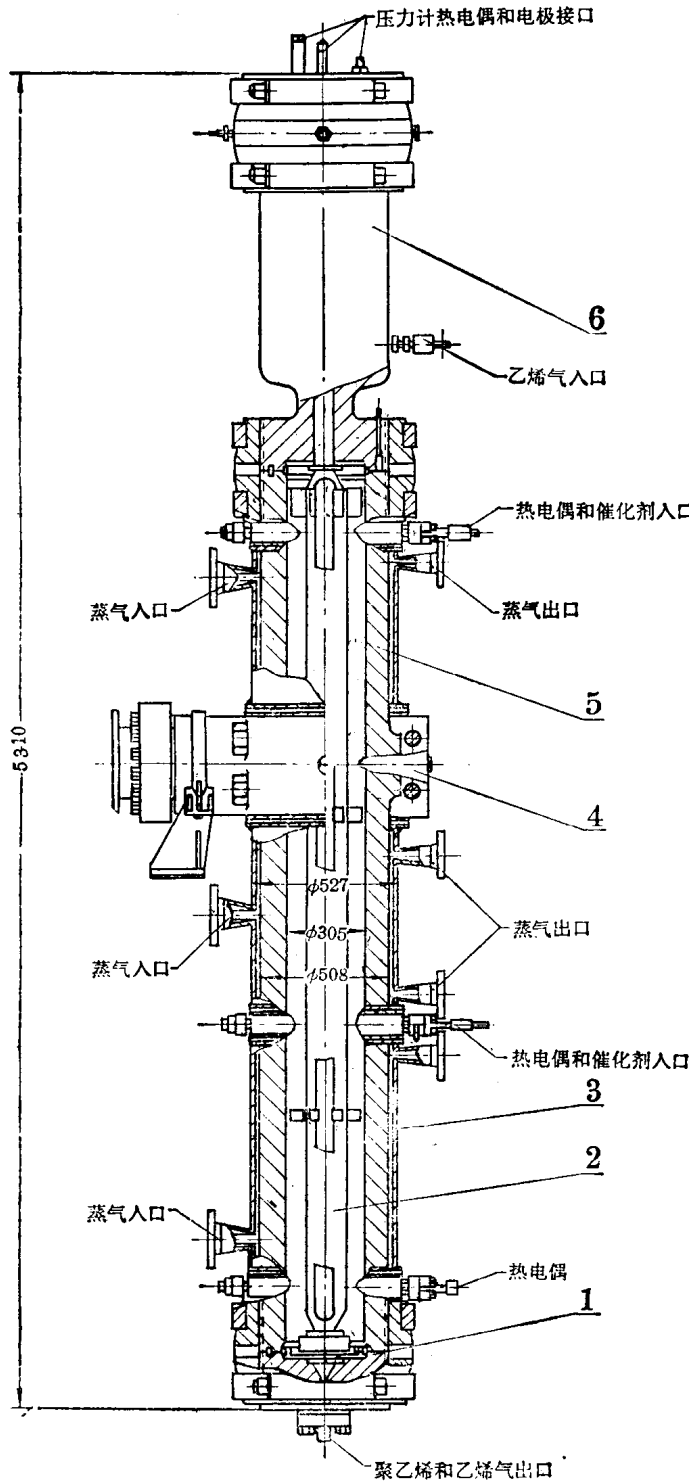


图 1-4 高压聚乙烯反应器

- 1—"B"形环密封装置
- 2—搅拌器
- 3—夹套
- 4—泄爆装置
- 5—筒体
- 6—电动机罩

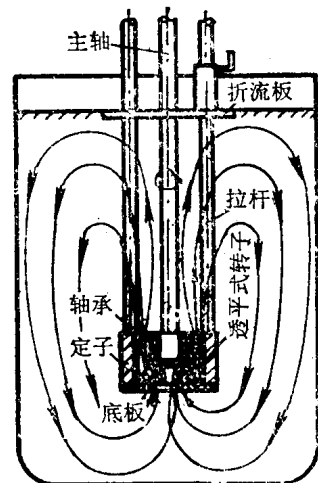


图 1-5 高速搅拌设备示意图

过去有很多文献论述了搅拌设备的动力消耗,并给出了不少情况下的计算公式,但是由于使用介质操作条件的不同,物理化学性能的差异,容器形状及内部设施的不同以及各种搅拌器特性上的区别,正确确定搅拌功率并适当地选择驱动电机是十分困难的。在没有模拟试验的情况下,设计新的搅拌设备时,常采用现有设备数据的方法,宁大勿小,结果造成了不少浪费。国内有些单位对一些生产中的搅拌设备进行了功率测试,从测试的结果可以看到,由于功率消耗难于计算准确,电动机选用过大,造成了负荷率很低的不合理现象。

对于搅拌设备的研究,除功率问题外,有关搅拌的流体力学研究具有重要意义。这方面已做了许多工作,但尚需扩大和深入。在液体中进行搅拌时,搅拌器的功能不仅引起液体的整个运动,而且要在液体中产生湍动,湍动程度与搅拌器使液体旋转而产生的旋涡现象有密切关系。这些旋涡因经常地互相撞击和破裂,使液体受到剧烈的搅拌。由此可见在搅拌操作中,对于流体力学理论的研究是极其重要的。

近代化学工业中,流动的物料不再只是一些低粘度的牛顿型流体,许多高粘度流体也常常遇到,尤其是各种各样的高分子溶液以及混有催化剂粒子的浆状流体等非牛顿型流体的应用日益广泛。它们与通常的牛顿型流体具有不同的流动特性,所以对于非牛顿型液体的研究是当今的一个重要课题。对高粘度流体,特别是非牛顿型流体的搅拌传热的研究,也是近年来的一个方向。聚合釜的传热特性与其中所用的搅拌器的型式关系甚大。对于各种常用搅拌器型式的搅拌设备之传热,前人给出了许多方程式,近年来在一些文章中也补充了有关搅拌设备的传热系数的推算公式。

关于搅拌器,除非遇有特殊的任务,需要特殊设计之外,现有的各种搅拌器,尤其常用的框式、平桨式、推进式和涡轮式等已足够应用。而且这些搅拌器已有相应的标准,所以对已有搅拌器性能的深刻了解,应予以更多的注意,以便使它们在使用中能够充分发挥作用。涡轮式搅拌器现正被广泛使用,因为这种搅拌器在工业上适应性是很大的,它几乎能有效地完成所有的搅拌任务,并能处理那些特别是化学工业中经常遇到的各种粘度的物料。

搅拌设备的轴封多是用填料密封和机械密封。一百多年前,初期的密封都是采用一些天然材料如皮革和浸油绳等作为轴封。以后油浸绳密封逐渐发展成为今天的软填料密封。由于石油化学工业的发展,易燃易爆物质比较多,对密封性能要求较严,1935~1945年间在英美等国均开始研究和应用机械密封,并得到较快发展。机械密封较填料密封有很多优点:①泄漏量极少。机械密封的泄漏量是填料密封的1%。②摩擦功率损失相当小。由于接触面的摩擦系数很小,因此,机械密封的功率损失约为填料密封的10~15%。③使用寿命长。一般质量好的机械密封可用2~5年,在正常工作条件下不需要维护调整。对轴的精度和光洁度的要求没有填料密封那样严格,耐振性能好。当轴摆动较大时,机械密封也能良好工作。同时,轴对密封腔孔的偏斜也不十分敏感,减少了轴或轴套的磨损。在轴有防腐蚀涂层时(喷、涂、衬、搪、包等),能克服填料密封将防腐层磨损或破坏的缺点。机械密封的缺点是结构复杂,装拆不便,对动环和静环的表面光洁度及平直度要求高,不易加工,成本较高。但和优点相比只占次要地位。因而机械密封已日益得到广泛应用。

随着科学技术的发展,设备有大型化发展的趋势,也要求搅拌设备大型化。如国外聚合釜的容积已由最初的 $8\sim 40\text{ m}^3$ 扩大到 $60\sim 100\text{ m}^3$ ,最大的已达到 $140\text{ m}^3$ 。采用大型聚合釜可大大减少操作和检修人员,有利于自动化,减少投资,提高生产率,稳定产品质量。随着容积的大型化,釜型逐渐由细长型向矮胖型发展。而且采用底部搅拌的方式越来越多,多用三叶后掠式

搅拌器。三叶后掠式搅拌器是目前大型聚合釜采用的一种较好搅拌器。因它排出量大,釜内液相循环充分,每分钟可达5~10次,能促使釜内反应均匀一致。另外,经实践证明,此种桨叶必须配合挡板使用,来提高剪切功能,才能更好地发挥作用。

搅拌也可以在管路中进行,采用在管路中安装装置的办法对气-液系和液-液系进行混合。例如采用喷射泵对水及醋酸丁酯进行混合,在石油精制中,也采用使液体流过设置在管路中的锐孔板或挡板,以便使两种液体进行接触。还有在管道中放入搅拌器的,即所谓管道搅拌。

管道搅拌设备能连续输送一切流体,也有输送含有固体的流动化的半流体。此种搅拌型式,相当于搅拌设备的筒体部分,容积较小,液体在此停留时间极短(数十秒)的情况比较多。在其内部为了充分进行混合分散或传热等需要极强的搅拌。由于管道搅拌设备空间很小,装置小,可使搅拌力均匀作用,可减少过剩的搅拌,所以对整个液体可减少功率消耗。对于连续化、

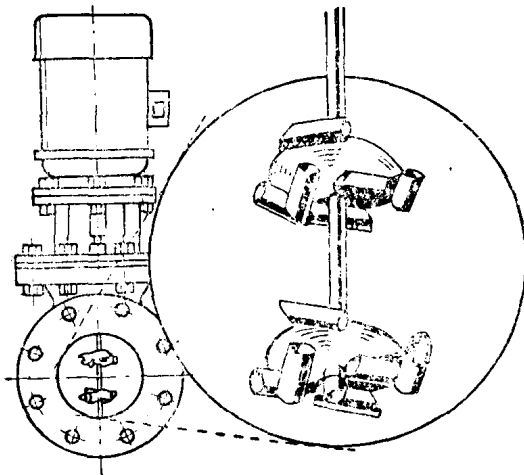


图 1-6 直管型管道搅拌设备

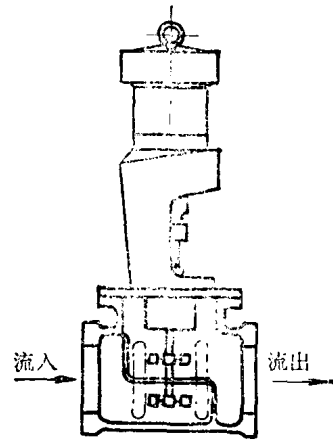


图 1-7 交错型管道搅拌设备

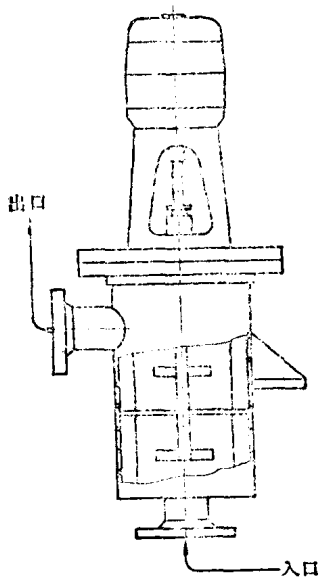


图 1-8 带挡板角型管道搅拌设备

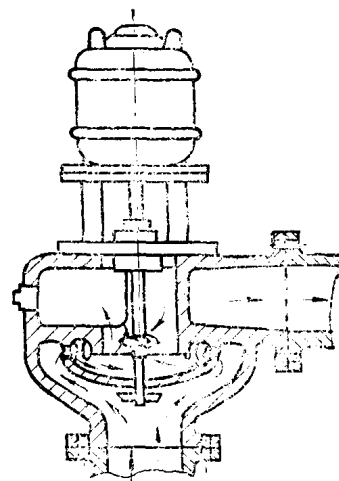


图 1-9 带节流孔角型管道搅拌设备



自动化,特别是对成本有严格要求的,要求特别小的形状和高性能时,使用管道搅拌设备是很有效的。正因为管道搅拌设备有这些优点,所以在石油精制、石油化工、化学纤维、食品等工业和水处理技术中广泛被用于液-液混合、浓度调整、液-液萃取、油脂乳化、液-液稀释溶解、固-液溶解、液-液和气-液反应等场合。

管道搅拌设备的种类,按混合壳体不同大体分为直管型、交错型、角型和偏心角型等。最简单的型式是直管型(图 1-6),它容易制造,压力损失低,清扫方便。但停滞时间分布大,也就是说存在短路比较多,准确度低的问题。对此有所改进的是交错型(图 1-7)。角型(图 1-8、图 1-9),因介质出入方向不同,特别是截面积变大,能诱起液体的旋转,搅拌力容易均匀作用,但因筒体轴线和搅拌轴轴线同心的情况比较多,容易引起离心作用。

管道混合器是一种没有机械运转部件的混合器。在一段管道内装置有若干个长度很短的右旋或左旋的螺旋元件,这些元件相互之间交错排列。两元件相互连接的两边成 90°。通常,每个螺旋元件的长度约为管道内径的 1.5 倍。这些元件每 6 个事先焊在一起,称为一组,然后封装在通常的标准管径的管道内,构成一台所需要的管道混合器。图 1-10 表示右旋和左旋元件的结构形状和组装以后的管道混合器。被混合的物料进入混合器时,有两种混合作用方式同时进行,分流作用方式和径向混合作用方式。表现为一种近于塞流的流动特征。

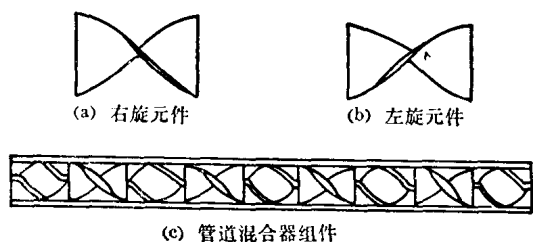


图 1-10 混合元件和混合器组件

由于管道混合器结构紧凑,有较好的混合效果,维修保养费用低廉,在工业中逐步得到广泛应用。没有运动部件的管道混合器从六十年代初开始,激起了工业界的广泛兴趣。这种混合器在改善和强化热交换作用以及要求严格控制混合作用等,都发挥优异的作用。它可以进行诸如乳化、引入添加剂、易爆物质缓和谨慎的混合等多种用途的操作。美国的 Kennics 公司于 1969 年在 100 多个工厂示范试用该公司所生产的管道混合器,受到使用者的欢迎。

由于管道混合器结构紧凑,有较好的混合效果,维修保养费用低廉,在工业中逐步得到广泛应用。没有运动部件的管道混合器从六十年代初开始,激起了工业界的广泛兴趣。这种混合器在改善和强化热交换作用以及要求严格控制混合作用等,都发挥优异的作用。它可以进行诸如乳化、引入添加剂、易爆物质缓和谨慎的混合等多种用途的操作。美国的 Kennics 公司于 1969 年在 100 多个工厂示范试用该公司所生产的管道混合器,受到使用者的欢迎。

## 第二节 搅拌物料的种类及特性

搅拌物料的种类主要是指流体。在流体力学中,把流体分为牛顿型和非牛顿型。在搅拌设备中,由于搅拌器的作用,而使流体运动。设有如图 1-11 所示相距为  $dy$  的两薄层流体,如下层不动,而在上层加一剪切力  $F$  时,就发生了运动。在稳态下,此力必与流体内由于粘度而产生的内摩擦力相平衡,如剪切应力  $\tau$  与速度梯度  $\dot{\gamma}(du/dy)$  成比例,即:

$$F/A = \tau \propto du/dy$$

或写成

$$\tau = \mu du/dy = \mu \dot{\gamma} \tag{1-1}$$

则此比例常数  $\mu$  就称为粘度。

流体的物理性质一般是指密度  $\rho$  (或比重)、粘度(或运动粘度  $\nu = \mu/\rho$ )等。含有气泡和液滴的异相系中,表面张力  $\sigma$  等也是很重要的特性。

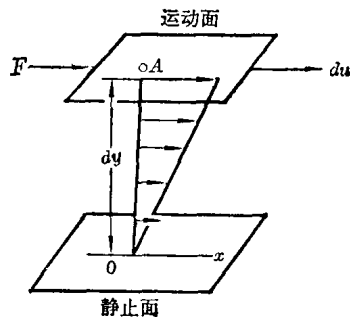


图 1-11