

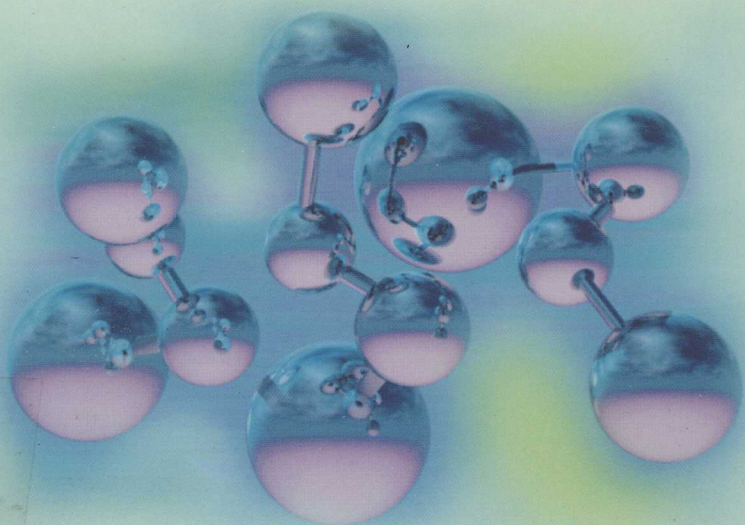
ZHIYE JISHU JIAOYU JIAOCA

• 职业技术教育教材 •

日用化工机械设备

RIYONG HUAGONG JIXIE SHEBEI

• 梁耀开 主编 •



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGONGYE CHUBANSHE

图书在版编目 (CIP) 数据

日用化工机械设备/梁耀开主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2000. 5
职业技术教育教材
ISBN 7-5019-2641-7

I. 日… II. 梁… III. 日用化学品-化工设备-职业技术教育-教材 IV. TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 15976 号

责任编辑: 李颖 劳国福 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔云
版式设计: 智苏亚 责任校对: 方敏 责任监印: 崔科

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010-65241695

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 9.375

字 数: 250 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-2641-7/TQ·192 定价: 20.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

《日用化工机械设备》是从事日用化工和精细化工人员的专业教材。受国家轻工局日用化工专业教材与专业建设指导委员会委托，由广东轻工业职业技术学院组织编写。适合高等职业教育和中等专业学校日化专业教学使用。

本教材由广东轻工职业技术学院梁耀开主编。参加编写的人员如下：天津市第一轻工业学校王淑英编写第一、二章；梁耀开编写第三、四、五、九章及绪论；山西省轻工业学校乔建芬编写第六、七章；四川省轻工业学校任兴丽编写第八、十章。

本教材由广东轻工职业技术学院黎润钟主审。广州市轻工中专学校杨析涛老师生前为本书原主审，对本教材的编写工作提出过许多宝贵意见，在此深表缅怀之意。考虑到本教材是非机械制造专业学生阅读，中国轻工业出版社建议删去了一些繁琐的计算。

由于我们的业务水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论.....	(1)
第一章 反应器.....	(3)
第一节 概述.....	(3)
第二节 釜式反应器的结构.....	(6)
第三节 搅拌装置	(26)
第四节 磺化反应器	(37)
思考题	(47)
第二章 混合、乳化与均质设备	(48)
第一节 混合机	(48)
第二节 乳化机	(62)
第三节 均质机	(72)
第四节 新式乳化、均质机简介	(78)
思考题	(82)
第三章 换热器	(83)
第一节 换热器的类型	(83)
第二节 列管式换热器的结构	(88)
第三节 其它新型换热器	(99)
思考题.....	(103)
第四章 塔设备.....	(104)
第一节 概述.....	(104)
第二节 板式塔结构.....	(105)
第三节 填料塔结构.....	(113)
第四节 塔设备的选型.....	(122)
思考题.....	(123)
第五章 物料输送机械设备.....	(125)

第一节	带式输送机	(125)
第二节	斗式提升机	(131)
第三节	螺旋输送机	(133)
第四节	气力输送	(135)
	思考题	(149)
第六章	粉碎和筛分机械设备	(150)
第一节	概述	(150)
第二节	颚式破碎机	(154)
第三节	锤式破碎机	(159)
第四节	圆锥破碎机	(161)
第五节	辊式破碎机	(164)
第六节	球磨机	(167)
第七节	振动磨	(170)
第八节	筛分机械	(172)
	思考题	(177)
第七章	分离机械设备	(178)
第一节	概述	(178)
第二节	常用离心机的结构及选型	(183)
	思考题	(200)
第八章	干燥器	(201)
第一节	干燥器的分类和选型	(201)
第二节	气流干燥器	(204)
第三节	喷雾干燥器	(208)
第四节	流化床干燥器	(213)
第五节	新型干燥器	(225)
	思考题	(228)
第九章	产品灌装及成型设备	(229)
第一节	化妆、护肤、洗涤用品灌装设备	(229)
第二节	洗衣粉成型设备	(235)
第三节	香皂成型设备	(252)

思考题.....	(267)
第十章 除尘器	(268)
第一节 概述.....	(268)
第二节 旋风除尘器.....	(271)
第三节 袋式除尘器.....	(276)
第四节 湿式除尘器.....	(281)
第五节 电除尘器.....	(286)
思考题.....	(290)
参考文献	(292)

绪 论

日用化工，是生产各种日用化学品工业的简称。日用化学品，是指经过深度化学加工制得的具有特定功能或最终使用性能的日用产品（如洗涤剂、化妆品、肥皂、牙膏、香精香料等）。日用化学品具有品种多、质量要求高、技术密集度高、附加价值和利润较高、更新换代快等特点，广泛应用于国民经济有关领域和人民物质文化生活的各个方面，具有很大的经济效益和社会效益。随着改革开放的不断深化和人民生活水平的不断提高，对日用化学品的需求越来越大，并且对质量要求也越来越高，这就给日化工业带来了发展机遇，同时也提出了新的挑战。

日用化工机械设备，是日用化工生产过程中的通用装备，虽然亦属于化工装备，但因用于生产日用化学品，故在性能、结构和材质等方面都具有该行业装备的特点。本书介绍的日用化工机械设备主要包括：反应器，混合、乳化与均质设备，换热器，塔设备，物料输送机械设备，粉碎和筛分机械设备，分离机械设备，干燥器，产品灌装与成型设备，除尘器等。这些机械设备是一般日用化工厂较通用和必备的。

“工欲善其事，必先利其器”。日用化工机械设备在日用化工厂中起着举足轻重的作用。良好的技术装备，是保证工艺生产顺利进行和保证产品质量的基本条件。随着科学技术的迅猛发展，在日用化工行业中，技术不断进步，产品不断更新，机械设备也不断推陈出新。由于我国的日用化工生产除了传统的一些项目外，新产品大部分还处于开发和起步阶段。因此，目前我国的日用化工装备除了引进部分较先进的设备外，总体上技术装备还较落后，有待进一步提高。另外，一个不容忽视的现实是：为了满足广大乡镇企业和民营的一些小型日用化工厂生产的需要，我国江苏、浙江、广东等地厂家制造了一批又一批

的小型日化机械设备，材质优良，经济实用，但有些质量有待提高。目前国内外日用化工机械设备的发展趋势与其它行业的技术装备一样，不断融入高新科技的因素，正在朝着性能完善、自动化程度高、适应性及通用性强、节省能源以及材质耐用等方向发展。

日用化工机械设备作为生产日用化学品的技术装备，根据各种工艺流程、各反应阶段或后工序处理的不同工艺要求，有各种不同的相应的机械设备。如反应器用于各种物料的化学反应、生成产物；乳化、均质设备用于各种乳化液、膏类产品的乳化、均质过程；混合设备应用于固体物料的混合过程或液-固物料的调和、液-液物料的搅拌等；换热器用于流体物料的加热或冷却；塔设备用于精馏、提纯或吸收等；物料输送机械设备用于各种固体物料的输送；分离机械用于物料的固-液、液-液分离；粉碎与筛分机械用于原料、半成品和成品的粉碎和筛分；干燥器用于原料和成品的干燥；产品灌装与成型设备用于产品的充填灌装、成型；除尘器用于车间除尘，改善工作环境和回收粉尘等。所有这些机械设备在设计与制造方面都应考虑到日用化工行业的特点，特别是在材质的选用方面，应注意选用耐蚀、耐氧化的优质材料。在设备的选型上应注意结合生产实际与产品特点，并考虑设备的通用性等，以选取合适的机械设备。

“日用化工机械设备”是日用化工专业的一门专业课，内容主要是介绍一般日用化工厂通用的各种专业设备的形式、结构、性能、工作原理、有关计算、设备选型、操作与管理等。

本课程理论与实践结合紧密，因此既要求学生学好基础理论知识，又要求与生产实际相结合。通过练习思考题，实验课、下厂实习等巩固加深所学的理论，使学生能熟悉本专业的机械设备的类型、结构、性能、设备选型的原则等，并掌握设备操作和管理的基本技能。

第一章 反 应 器

第一节 概 述

一、反应器在日用化工生产中的作用

在化工生产过程中，为化学反应提供反应空间和反应条件的装置称为反应器。化学反应器是化学制品工厂的主要设备之一，日用化工厂的产品在不少情况下是将物料经过化学反应而制成的。例如，肥皂是油脂和碱等物料经过皂化反应生成皂，然后再经干燥、配料、研磨、压条等操作制成的。此外，很多日用化学品的生产往往是从原料的合成开始；进而进行剂型加工以及商品化，所以，常常要应用诸如卤化、磺化、酯化、还原、氧化、烷基化、缩合、硝化等单元反应技术。像在合成洗涤剂中广泛应用的烷基苯磺酸盐制备就包括了烷基化、磺化、中和等过程。而所有这些，都需要在反应器中进行。反应器是日用化工生产中的关键设备。

在日用化工生产中，除了应用一些通用的化工机械设备，用得最多的就是反应器了。参加化学反应的物料可以是气相、液相或固相。作为不同相态的反应物在进行化学反应时，对反应器的结构、形式的要求也是不同的。一个化工厂，其产品的数量和质量，取决于反应设备的效能。反应器性能的好坏，对整个生产将起决定性作用。因此，如何根据工艺条件设计或选用合理可靠的反应器，以满足日益发展的日用化工生产的需要，具有十分重要的意义。

二、反应器的种类及特点

化工生产常遇到各种不同类型的化学反应过程，为了适应不同的化学反应，在工业生产中出现了形状、大小、操作方式等不同的反应

器。为了便于了解各种反应器的特点，达到正确选用反应器的目的，首先应了解反应器的分类方法。

1. 按物料相态分类

根据反应器内反应混合物的相态，把反应器分为均相和非均相反应器两大类。均相反应器是反应物料均匀地混合或溶解成为单一的气相或液相，又分为气相反应器和液相反应器。而非均相反应器则分为气-液相、气-固相、液-液相、液-固相和气-液-固相等反应器。这种分类对反应器的设计是有利的，因为同一相态的反应其动力学规律相同，可用同一类动力学公式。这种分类方法的实质在于突出反应器的传质特性对反应器性能的影响。

2. 按反应器的结构形式分类

按反应器结构形式的特征，可以分为釜式、管式、塔式、固定床和流化床等反应器。釜式、管式反应器大多用于均相反应过程，塔式、固定床和流化床反应器大多用于非均相反应过程。这种分类法对研究反应器的设计与计算是恰当的。这种分类的实质在于突出流体流动特性对反应器性能的影响。图 1-1 是各种结构形式反应器的示意图。

3. 按操作方法分类

反应器按操作方法分类，可分为间歇式、半连续式和连续式三种。

间歇操作是指一批反应物料全部投入反应器后让其进行一定时间的反应，然后再全部取出的操作方法。其特点是反应程度和反应混合物的性质随时间而变化。这种方法适用于反应速度较慢、热效应较小和生产规模不大的场合，一般均采用搅拌釜式反应器。日化产品大多属于此类情况。

半连续操作是一部分物料一次投入反应器内，另一部分物料则连续地加入或排出反应器，反应完毕后放料，再进行下一周期的操作。半连续操作适用于生产规模较小的产品。和间歇操作一样便于改变工艺条件和生产品种，反应器灵活多能，在日用化工生产中得到广泛使用。

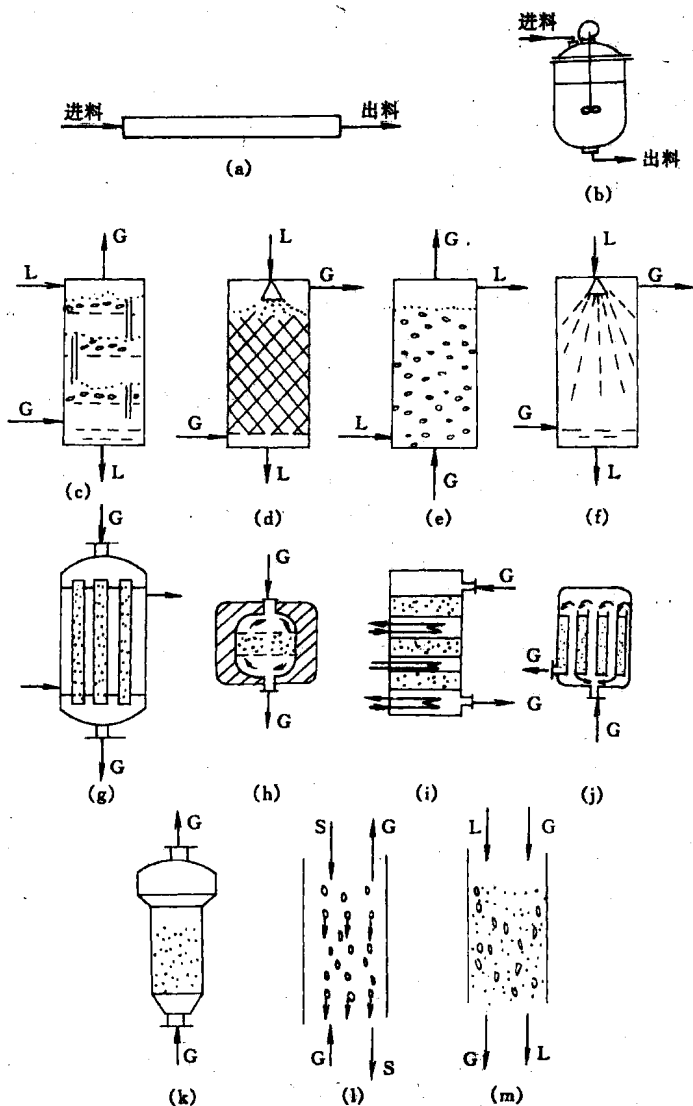


图 1-1 各种结构形式反应器示意图

- (a) 管式反应器 (b) 釜式反应器 (c) 板式塔 (d) 填料塔 (e) 鼓泡塔
 (f) 喷雾塔 (g) 外热式固定床反应器 (h) 单段绝热式固定床反应器
 (i) 多段绝热式固定床反应器 (j) 自热式固定床反应器 (k) 流化床反应器
 (l) 移动床反应器 (m) 滴流床反应器 G—气体 L—液体 S—固体

连续操作，即反应物料连续通过反应器的操作方式。一般用于产品品种比较单一而产量较大的场合。因连续稳定，所以劳动生产率高，劳动强度小，便于实现自动控制和远距离控制。化工生产中许多有机中间体反应，如甲苯的硝化反应、氧化反应，烷基苯的磺化反应等，生产中都实现了连续化操作。现代化的大生产多采用连续式反应器。

4. 根据温度条件和传热方式分类

反应器根据温度条件可分为等温和非等温两种。根据传热方式又可分为绝热式、外热式和自热式。由于化学反应对温度变化有相当大的敏感性，所以传热方式和温度控制是反应器设计和操作中的主要问题。

各种类型的反应器，都有其适用范围。一般来说，均匀的气相反应常用连续管式反应器；液相和液固相反应常用搅拌釜式反应器或管式反应器；对小规模或多品种、小批量的日用化工产品的生产，常用间歇搅拌釜式反应器，以便灵活控制。

在众多的反应器中，本章重点介绍在日化工业生产中应用最为广泛的搅拌釜式反应器。

第二节 釜式反应器的结构

釜式反应器又称槽形反应器、锅式反应器、搅拌式反应锅。它是各类反应器中结构较为简单而应用又较广泛的一种。其结构见图1-2。

一、釜体结构

反应釜釜体的主要部分是容器，一般由筒体及上、下封头组成，为物料完成反应过程提供空间。椭圆形封头在反应釜中应用最广泛，但对于含固体颗粒或较粘稠的物料，常采用便于出料的锥形釜底。筒体与底盖一般焊成一体。顶盖与釜体的连接方式按釜体直径而定，当釜体直径 $D_1 < 800\text{mm}$ 时，一般需采用法兰可拆连接。当 $D_1 \geq 800\text{mm}$

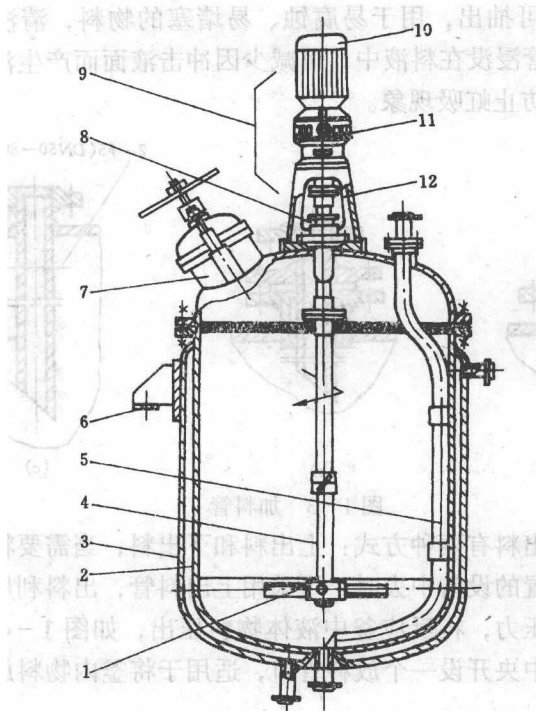


图 1-2 反应釜结构图

- 1—搅拌器 2—筒体 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 10—电动机 11—减速机 12—机架

时，顶盖与筒体也可焊接，装拆内件可通过顶盖上的人孔进入釜内来完成；但有时为方便装拆和检修，既用法兰来连接顶盖和筒体，又在顶盖上开设人孔。人、手孔及视镜的开设要求及尺寸可按照《化工机械基础》有关容器附件部分相关内容进行。

釜体上的工艺接管口主要用于进、出物料及安装温度、压力的测定装置。其结构和容器接管基本相同，接管口径及方位由工艺要求确定。

对于进料管或加料管，应做成不使料液的液沫溅到釜壁上的形状，可减少物料对密封面和釜壁的局部腐蚀。常用的结构形式如图 1-3 所示。(a) 型伸进设备内，端部截成 45° ，斜面朝向中心。

(b) 型加料管可抽出，用于易腐蚀、易堵塞的物料，清洗、检修方便。(c) 型接管浸没在料液中，可减少因冲击液面而产生泡沫。管上开小孔是为了防止虹吸现象。

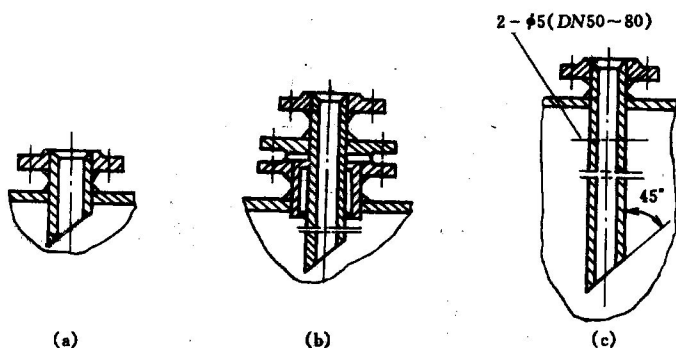


图 1-3 加料管

反应釜的出料有两种方式：上出料和下出料，当需要将釜内液料输送到较高位置的设备中去时，可采用上出料管，出料利用压缩空气或惰性气体的压力，将反应釜中液体物料压出，如图 1-4 所示。下出料是在釜底中央开设一个放料管口，适用于将釜内物料放入另一较

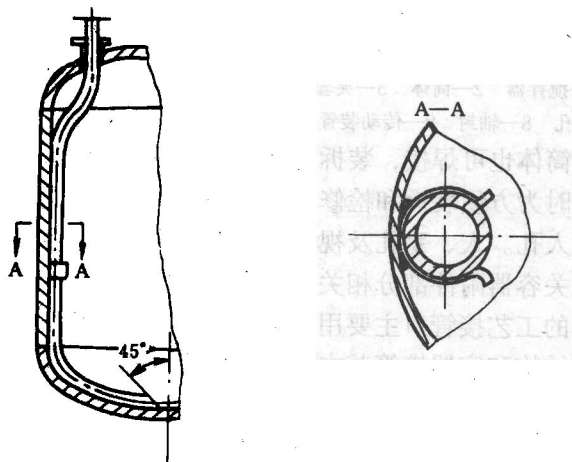


图 1-4 上出料管

低位置的设备。如图 1-5 所示。其中 (b) 型用于釜体与夹套壁温大致相同时。(c) 型夹套焊在釜底，出料管也焊在釜底，以便于检查和修理焊缝。

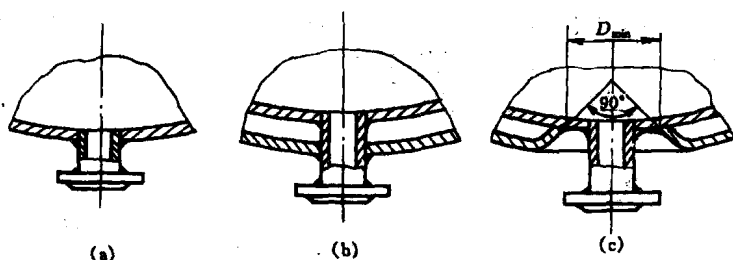


图 1-5 下出料管

釜式反应器的所有人孔、手孔、视镜和工艺接口管，除出料管口外，一律都开在顶盖上。

二、传 热 装 置

传热装置可以传入化学反应所需的热量或带走反应生成的热量，保持一定的操作温度。常用的传热装置是在釜体外部设置夹套或在釜体内部设置蛇管。

1. 夹套结构

夹套传热结构实际上是以夹套包覆范围内的釜体壳壁作为传热元件。具体结构见图 1-6。

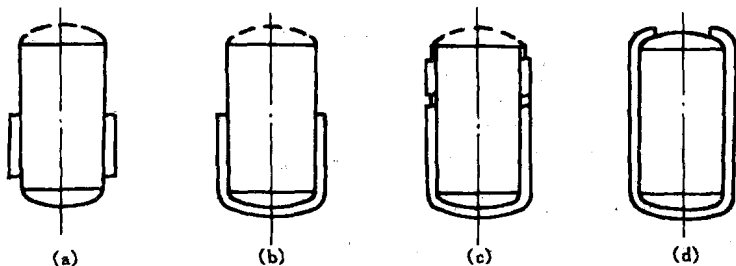


图 1-6 夹套结构

夹套传热结构简单，制造方便，基本上不需要进行检修，不占釜内反应空间，故获得广泛应用。但当釜壁内侧衬涂导热差的材料时，

因传热效果差而不宜采用夹套形式。

夹套与筒体的连接方式有可拆卸式和不可拆卸式两种，见图 1-7。(a) 表示可拆的法兰连接，它适用于需要检查筒体外表面以及更换夹套，或夹套与釜体不能焊接的场合。图 1-7 (b) 为常用的不可拆的焊接连接。当反应釜直径较大或采用的传热介质压力较高时，可采用焊接半圆管夹套、型钢夹套等。见图 1-7 (c)。

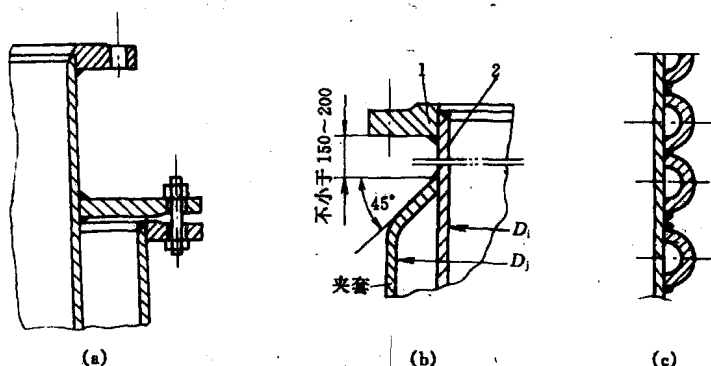


图 1-7 夹套与筒体连接形式

1—容器法兰 2—筒体

有时为了强化传热效果，可在夹套内焊接导流板。见图 1-8。

用蒸汽作为载热体，蒸汽从上端进入夹套，冷凝水从夹套底部排出，反之，冷却用的液体则从下端进，上端出，这样能使夹套中经常充满液体。

夹套的顶部和底部，开有供传热介质进出的管口，出口接管与一般容器的出口接管一样。其进口接管可设计成如图 1-9 所示。为了放出夹套中的空气和惰性气体，使载热流体充满整个夹套空间，可以安装排气口，其结构如图 1-10 所示。

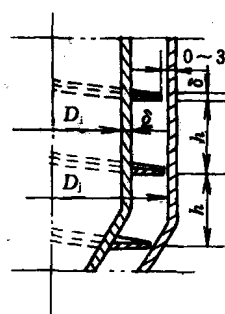


图 1-8 螺旋导流板

2. 蛇管传热

当反应釜衬里或釜壁采用导热性差的材料制造而不宜用夹套传热，或因夹套传热面积不够，则可采用蛇管传热，如图 1-11 密集排

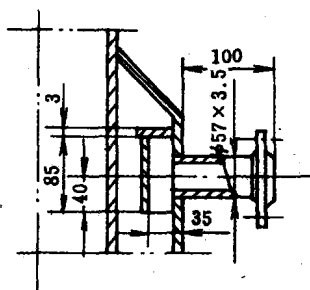


图 1-9 夹套的进口接管结构

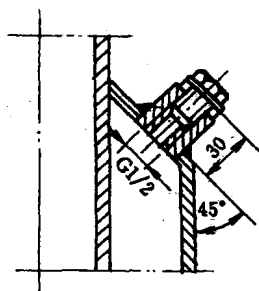


图 1-10 排气口

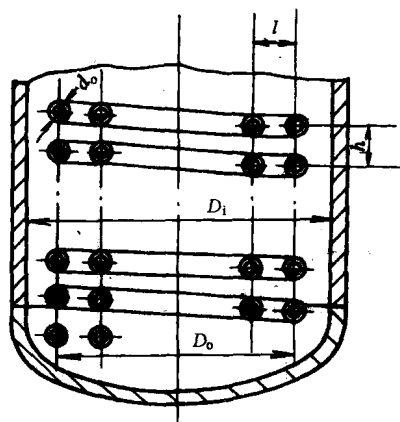


图 1-11 蛇管传热

列的蛇管沉浸在物料中，热量损失小，传热效果好，同时还能起到导流筒的作用，但检修麻烦。蛇管不宜很长，如果要求传热面积较大时，可做成若干并联的同心圆蛇管组，但这种结构固定和安装都不方便。

蛇管的传热面积与其管径和管长有关。管子过长，管内流体阻力大，能量消耗多，因此蛇管不宜过长。管径过粗，则蛇管加工较困难。通常采用的管径为 $DN25 \sim 70\text{mm}$ 。

对于并联同心圆蛇管组，其内圈与外圈的间距 $l = (2 \sim 3)d_o$ ；各圈垂直距离 $h = (1.5 \sim 2)d_o$ ，最外圈直径 $D_o = D_i - (200 \sim 300)\text{mm}$ ，其中 d_o 为管子外径， D_i 为容器内径。

蛇管中心直径较小或圈数不多、质量也不太大时，就可以利用蛇