



21世纪普通高等教育规划教材

涂料生产设备

TULIAO

SHENGCHAN SHEBEI

张卫中 杨金荣 主编



化学工业出版社

21 世纪普通高等教育规划教材

涂料生产设备

张卫中 杨金荣 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据教学改革的实际需要,为了涂料工业持续地、环境协调地发展培养人才而编写的。

本教材共分 11 章。前 7 章以涂料生产的过程为顺序,全面而系统地阐述了从树脂生产到涂料生产过程中混合、研磨分散、调漆、过滤、输送直至密闭包装所需各种设备的工作原理、结构、性能特点和使用维护注意事项,介绍了研磨介质的主要种类和对研磨效果的影响因素;第八章介绍了树脂生产过程中的供热系统设备和导热油;第九、十章是各类计量装置和合成树脂生产过程 DCS 自动化控制系统;第十一章则结合近几年发展趋势重点介绍了全封闭一体化涂料成套设备和粉末涂料生产设备。

本书可作为高分子材料专业或其他化学化工专业涂料工程方向的教材,也可作为相关专业研究生的主要参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

涂料生产设备/张卫中,杨金荣主编. —北京:化学工业出版社,2012.7

21 世纪普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-122-14388-4

I. 涂… II. ①张… ②杨… III. 涂料-化工设备-高等学校-教材 IV. TQ630.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 110024 号

责任编辑:白艳云

装帧设计:杨 北

责任校对:陈 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 350 千字 2012 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

编审委员会

主 任 孙莲英 徐菁利

副主任 杨渊德 甘文君

委 员 (按姓氏笔画排序)

甘文君 吕仕铭 刘国杰 孙莲英

张卫中 林宣益 杨渊德 倪玉德

徐菁利 涂伟萍 温绍国

主 编 刘国杰

副主编 温绍国

成 员 (按姓氏笔画排序)

王继虎 刘 丹 刘 杰 刘国杰

齐祥昭 温绍国

编写说明

涂料是涂于物体表面能形成具有保护、装饰或特殊性能（如绝缘、防腐、标志等）的固态涂膜的一类液体或固体材料之总称。早期大多以植物油为主要原料，故有油漆之称。现合成树脂大部或全部取代了植物油，故称为涂料。

建国初年，全国只有小型油漆企业 50 家，年产油漆约万吨，从业人员千人左右。1978 年全国涂料年产量 34.36 万吨，列于世界第八位。改革开放后涂料工业迅速发展。至 2010 年，对全国 1401 家规模以上的涂料企业统计，产量达 966.6 万吨，跃居世界第一，销售产值达 2324.6 亿元。

我国虽是涂料大国，但和发达国家相比，在涂料技术和高档工业涂料品种与质量上仍有较大差距，目前国内高端涂料市场竞争仍是国外涂料公司占主导地位。

为了涂料工业持续地、环境协调地发展，人才培养是关键。2009 年，中国涂料工业协会和上海工程技术大学化学化工学院合作创办了涂料工程本科班，上海工程技术大学列为国家教育部“卓越工程师人才培养计划”的试点高校，涂料工程班进入试点班。

由中国涂料工业协会推荐，上海工程技术大学聘任了几位涂料行业专家为兼职教授，负责授课和编写教材。在两届学生使用的基础上，教材经作者修改，由教材编委会集体讨论修订，现由化学工业出版社正式出版。

整套教材由 8 本组成，它们是《涂料及原材料质量评价》、《涂料树脂合成工艺》、《涂料用颜料与填料》、《涂料用溶剂与助剂》、《涂料制造及应用》、《涂料生产设备》、《涂料涂装与环保安全》、《涂装工艺及装备》。

本套教材有以下特点。

1. 用于高分子材料专业或其他化学化工专业涂料工程方向的教材，并可作为有关专业研究生的主要参考书。

2. 学生学习了有关化工基础课与技术基础课后开始学习本专业课，本教材中不介绍基础课程内容。

3. 教材既是学生了解行业的素材，更是学生发展潜能、分析问题、解决问题的基础，是钥匙。因此，注重讲清道理，以便举一反三。在内容安排上，对已商品化的涂料原料及涂料品种，简单介绍其制造原理和过程，着重介绍其性能特点、选用原则和改性途径。涂料清洁文明生产标准和三废处理技术，全封闭一体化涂料生产工艺技术等节能环保与循环经济侧重介绍。适当介绍超支化树脂合成与应用技术，有机-无机杂化复合技术，纳米改性涂料、颜料技术，不用多异氰酸酯合成聚氨酯树脂等新技术。

这是国内第一套涂料工程教材。尽管我们主观上希望编写质量尽量提高，限于水平和时间，肯定会有许多不足。诚望得到业内同仁和有关高校师生的选用与评议，给我们反馈建议，以便进一步修订。

教材编审委员会

前 言

涂料生产设备作为涂料行业的重要组成部分，在整个生产工艺过程中发挥着主导作用。长期以来，涂料生产设备经过不断研发和升级换代，取得了长足的发展，尤其以生产技术含量高、质量稳定和节能环保型的涂料为发展方向，需要涂料生产设备不断优化配置、改变装备结构、提高装备性能、高效低耗及安全可靠，以满足生产不同层面产品的工艺要求。随着时代的进步，环保意识日益加强，涂料生产中投料、分散、研磨、调漆、包装的自动控制和一体化密闭生产工艺是我们的努力方向。此前国内并没有专门为其编制的书籍。目前中国涂料工业协会与上海工程技术大学合作办学，致力于“国家涂料工程专业卓越工程师培养”，出于此目的考虑，由中国涂料工业协会涂料装备分会张卫中理事长和杨金荣秘书长主编，多个单位的有关专家和技术人员共同编写了《涂料生产设备》教材。

本书共分 11 章。前 7 章以涂料生产的过程为顺序，全面而系统地阐述了从树脂生产到涂料生产过程中混合、研磨分散、调漆、过滤、输送直至密闭包装所需各种设备的工作原理、结构、性能特点和使用维护注意事项，介绍了研磨介质的主要种类和对研磨效果的影响因素；第八章介绍了树脂生产过程中的供热系统设备和导热油；第九、十章是各类计量装置和合成树脂生产过程 DCS 自动化控制系统；第十一章则结合近几年发展趋势重点介绍了全封闭一体化涂料成套设备和粉末涂料生产设备。

本书采用理论结合实际的方法，内容全面，且为便于学习掌握，每章节后皆附有思考和练习，并附有参考文献供进一步学习与参考。

本书正式出版后将是业内第一本国内涂料生产设备的专业教材，限于编者水平有限，书中如有不足之处，敬请读者批评指正。

编者
2012 年 3 月

《涂料生产设备》编写人员

主编 张卫中 杨金荣

参编 陆志荣 虞建新 任才福 缪惠林

胡法卿 南仁植 杨中权 朱翊菲

目 录

第一章 树脂生产设备	1	三、高速分散机的型号示例	25
第一节 概述	1	四、高速分散机使用注意事项	26
一、树脂品种	1	五、高速分散机维护注意事项	27
二、树脂反应釜发展水平与国内外现状	1	六、高速分散机的常见故障及处理方法	27
三、树脂反应釜的分类	2	七、高速分散机的优缺点	28
第二节 树脂反应的工作原理	2	第三节 其他混合设备	28
一、树脂生产工艺流程	2	一、双轴高速分散机	28
二、树脂反应釜外形结构	2	二、双轴高低速分散机	29
三、平滑型夹套树脂反应釜	2	三、三轴高低速分散机	30
四、螺旋半圆管夹套树脂反应釜	5	四、同心轴高低速分散机	30
五、电加热树脂反应釜	6	思考与练习	31
六、双夹套树脂反应釜	7	第三章 研磨分散设备	33
第三节 树脂反应釜的结构	7	第一节 概述	33
一、上、下封头	7	第二节 立式开启式砂磨机	34
二、筒体	8	一、砂磨机的工作原理	34
三、搅拌器	8	二、设备结构	34
四、树脂反应釜的搅拌桨主要形式	8	三、产品的型号示例	42
五、传热结构	8	四、立式开启式砂磨机的操作要点	43
六、传动部分	9	五、立式开启式砂磨机使用注意事项	44
七、轴封	10	六、立式开启式砂磨机维护注意事项	44
第四节 反应釜配套装置	11	七、立式开启式砂磨机的常见故障及处理	
一、分馏柱	11	方法	45
二、卧式冷凝器	11	八、立式开启式砂磨机的优缺点	46
三、分水器	12	第三节 卧式砂磨机	46
四、兑稀釜	12	一、设备结构	47
第五节 反应釜使用注意事项	14	二、产品的型号示例	50
一、试车前的准备工作	14	三、卧式砂磨机的操作要点	52
二、设备使用过程中的注意事项	14	四、卧式砂磨机使用注意事项	53
第六节 真空泵	14	五、卧式砂磨机的维修要点	53
一、真空泵概述	14	六、卧式砂磨机的常见故障及处理方法	54
二、真空泵分类	14	七、卧式砂磨机的优缺点	55
三、真空泵功能特点	15	八、卧式锥形砂磨机	56
四、水环真空泵	15	第四节 立式密闭式砂磨机	58
五、旋片式真空泵	16	一、用插入式窗式筛网出料的立式密闭式	
思考与练习	18	砂磨机	58
第二章 混合设备	20	二、用缝隙式动态分离器出料的立式密闭	
第一节 概述	20	式砂磨机	59
第二节 高速分散机	20	三、选用注意事项	60
一、高速分散机的工作原理	20	第五节 棒销式砂磨机	62
二、高速分散机的设备结构	22	一、棒销式砂磨机的结构	62

二、可变容积的棒销式砂磨机	63	一、过滤的概念	98
三、棒销式砂磨机的工作原理	65	二、过滤设备的分类	99
四、型号及选用注意事项	65	三、过滤工艺流程及工作原理	100
第六节 篮式砂磨机	65	第三节 涂料行业应用的过滤设备	102
一、结构和工作原理	66	一、罗筛	102
二、产品的型号示例	66	二、高频振动筛结构	104
三、篮式砂磨机使用注意事项	67	三、挂滤袋过滤	104
四、篮式砂磨机的优缺点	67	四、袋式过滤器	104
第七节 三辊磨	67	五、滤芯过滤器	107
一、三辊磨的结构	68	六、CF 型板框密闭型过滤机	109
二、三辊磨的工作原理	71	七、自动密闭型板框精制油脱色过 滤机	111
三、产品的型号示例	71	第四节 过滤设备使用注意事项	112
四、三辊磨的操作要点	72	一、试车前的准备工作	112
五、三辊磨的维护及安全注意事项	73	二、设备使用过程中的注意事项	112
六、三辊磨常见故障及处理方法	73	思考与练习	113
七、三辊磨的优缺点	74	第六章 输送设备	114
第八节 球磨机	74	第一节 输送液体的特性	114
一、卧式球磨机	74	一、黏度	114
二、立式球磨机	80	二、动力黏度	114
第九节 研磨介质	81	三、运动黏度	114
一、对研磨介质的一般要求	81	四、恩氏黏度	114
二、研磨介质的分类	81	五、黏度与温度、压力的关系	115
三、研磨机理	82	第二节 输送泵的主要类型	115
四、研磨介质对研磨效果的影响因素	83	第三节 容积式泵的基本概念	115
五、研磨介质的主要品种	85	一、流量	115
六、研磨介质使用注意事项	86	二、压力	116
思考与练习	87	三、功率	116
第四章 调漆设备	89	四、转速	116
第一节 调漆设备的分类	89	五、效率	116
第二节 固定式调漆设备	89	六、性能特征及使用要求	117
一、固定式上搅拌调漆釜	89	第四节 输送泵品种与性能	118
二、固定式下搅拌调漆釜	92	一、齿轮泵	118
第三节 移动式调漆设备	93	二、球形转子泵	121
一、容器可移动, 搅拌装置固定	93	三、TB 型凸轮转子黏稠物料泵	122
二、容器和搅拌装置均可移动	93	四、ZB 型蠕动泵	124
第四节 调漆设备的搅拌桨的主要形式	94	五、IHK 型离心泵	124
第五节 调漆设备使用注意事项	95	六、QGB 型气动隔膜泵	125
一、试车前的准备工作	95	第五节 粉体自动化输送储存装置	128
二、设备使用过程中的注意事项	96	一、国内粉体输送、储存的现状	128
思考与练习	96	二、HLS 型粉体输送、储存系统的主要 结构特点及原理	129
第五章 过滤设备	97	三、HLS 型物体输送、储存系统装置的 社会效益和经济效益	132
第一节 概述	97	思考与练习	132
一、过滤设备的作用	97		
二、过滤设备的发展水平与国内外现状	97		
第二节 过滤原理	98		

第七章 包装设备	133	二、液位计	163
第一节 概述	133	三、设计、选择、使用电子秤的注意	
一、涂料包装设备的基本概念	133	事项	163
二、涂料包装设备的发展历史, 国内外现		思考与练习	164
状和发展趋势	134	第十章 涂料企业自动化控制系统	
三、工作原理	135	(DCS、PLC) 应用	165
第二节 包装设备	135	第一节 集散型控制系统 (DCS)	165
一、小包装涂料灌装机 (0~5L/kg)	135	一、集散型控制系统 (DCS) 的简述	165
二、大包装涂料灌装机 (5~50L/kg)	138	二、DCS 的主要特点	165
三、超大型包装涂料灌装机 (50~		三、DCS 的硬件结构	165
300L/kg)	141	四、DCS 的软件体系	165
第三节 新型包装设备	142	第二节 可编程序控制器 (PLC)	166
第四节 包装设备使用注意事项	143	一、可编程序控制器 (PLC) 的名称、定	
思考与练习	143	义和特点	166
第八章 有机热载体炉	145	二、可编程序控制器的分类	166
第一节 有机热载体炉的特性及分类	145	三、可编程序控制器的功能、在工业控制	
第二节 供热系统	146	中的地位和发展前景	166
一、有机热载体	146	第三节 DCS 控制系统与 PLC 控制系统	
二、有机热载体——导热油	147	区别	167
三、供热系统工作原理	148	第四节 集散型控制系统和可编程序控制器	
第三节 供热工艺流程及操作说明	153	在涂料企业应用	167
一、加热炉房内供热工艺流程	153	一、树脂生产过程中集散型控制系统应用	
二、操作说明	153	简述	167
三、Y 型油过滤器在系统中的位置	155	二、树脂生产过程集散型控制系统的	
思考与练习	156	功能	167
第九章 涂料行业仪器仪表计量及自动		三、树脂生产过程集散型控制系统的	
化应用	157	特点	168
第一节 概述	157	第五节 DCS 控制系统生产工艺操作方法	168
第二节 计量装置介绍	157	一、油料溶剂的加料操作	168
一、流量计	157	二、反应釜界面的操作步骤	169
二、液位计	159	三、反应釜的温度曲线图	170
三、称重计 (又称电子秤)	160	四、操作记录的操作步骤	170
第三节 电子传感器称重系统在涂料行业的		第六节 涂料生产过程中集散监管系统	
应用	161	(PLC) 的应用	172
一、电子汽车衡	161	一、涂料生产过程 (PLC) 系统简述	172
二、电子台秤类 (电子地中衡、电子地上		二、涂料生产过程 (PLC) 系统功能	172
衡两种形式)	161	三、涂料生产过程 (PLC) 系统的	
三、电子容器秤	161	特点	172
四、定量包装秤	162	思考与练习	173
五、防爆型定量灌装秤	162	第十一章 涂料生产设备发展动向	174
六、手动电子叉车秤	162	第一节 一体化涂料成套生产设备	174
七、电子称重式倒桶车	162	一、一体化涂料成套设备主要特点及生产	
八、钛白粉配料输送系统	162	工艺流程	174
第四节 计量装置使用注意事项	163	二、一体化涂料生产设备中的核心	
一、流量计	163	部件	175

三、SDL 系列一体化涂料成套生产设备.....	175	五、其他辅助设备	205
第二节 粉末涂料生产设备	178	六、粉末涂料制造设备的配套	208
一、预混合设备	179	七、粉末涂料制造设备和工艺的发展	
二、熔融挤出混合设备	183	趋势	211
三、冷却和破碎设备	194	思考与练习	213
四、细粉碎和分级过筛设备	198	参考文献	214

第一章 树脂生产设备

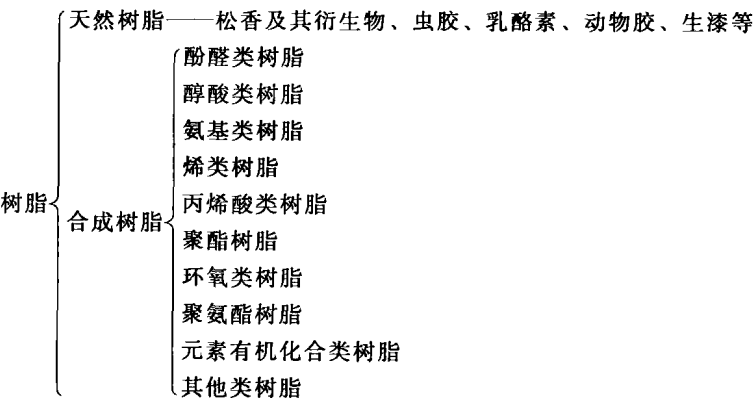
学习目的

本章主要阐述树脂反应釜的主要种类和树脂反应釜的结构特点。在学习要熟悉树脂反应的工作原理，了解反应釜配套装置的选定原则及兑稀釜的容量配置。掌握反应釜使用注意事项，同时要了解真空泵的类型及各自的功能特点。

第一节 概 述

一、树脂品种

树脂是组成涂料的基础，具有粘接涂料中其他组分形成涂膜的功能。它对涂料及涂膜的性质起决定作用，并为涂膜提供所需的各种性能。下面是涂料生产中使用的树脂品种。



合成树脂是通过反应釜在一定温度、一定压力下经过缩聚反应或加聚反应来完成的。因此反应釜是树脂生产的主要设备，其中分馏柱、冷凝器、分水器、兑稀釜作为它的配套设备。

本章就树脂合成反应釜及一些配套设备的结构、原理、作用作一介绍。

二、树脂反应釜发展水平与国内外现状

在改革开放前，我国树脂反应釜制作受到条件的限制，总体制造水平比较落后，品种单一、能耗大、效率低，自动化水平差。主要有明火加热反应釜、平滑夹套式反应釜（以下简称夹套反应釜）、搪瓷反应釜，最大反应釜的容量为 15m³。改革开放后，国内少数涂料生产企业开始从比利时、日本、美国、德国、奥地利等国家引进了先进的树脂生产设备，其中螺旋半圆管夹套反应釜（以下简称半管反应釜）就是在 20 世纪 80 年代引进的。由于这种反应釜传热效率高、节能高效，得到涂料行业的认可。1985 年开始，国内一些化工设备制造企 业开始研制半管反应釜。当时钢材、焊材质量与现在相比存在较大的差距，也没有专用的螺旋半圆管夹套加工成型设备，制作工艺落后，制造的半管反应釜质量不成熟。螺旋半圆管夹套容易泄漏，因此在行业中也并没有得到广泛的应用。1990 年以后国内一些化工设备企业组织技术攻关，设计了专用的螺旋半圆管加工成型设备，通过改进工艺，更新焊接设备，提高

工人的焊接水平,半管反应釜的制作日趋成熟,国产的半管夹套反应釜在涂料行业树脂生产中逐步得到了广泛的应用。

我国树脂反应釜技术通过几十年的努力,已形成了系列化设计,具备了制造大型树脂反应釜的能力。目前无论是材质的选用、加工工艺、装备水平、制造能力以及釜体表面的处理技术,都得到了很大的进步,与国外树脂反应釜的差距日益缩小。因此国产的树脂反应釜基本能满足我国涂料行业各类树脂的生产。尤其最近几年,我国树脂生产规模不断扩大,部分规模企业的树脂生产线已经采用了先进的 DCS 集散控制系统,大大提高了生产效率和自控水平,降低了工人的劳动强度,提高了企业的综合竞争力。

三、树脂反应釜的分类

树脂反应釜按反应温度可分为低温树脂反应釜(反应温度小于 150°C)、高温树脂反应釜(反应温度 $150\sim 300^{\circ}\text{C}$)。

按结构可分为夹套反应釜、半管夹套反应釜、双夹套反应釜等。

按釜体材质分可分为碳钢反应釜(Q235-B、Q245R、Q345R 等)、不锈钢反应釜(0Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti、00Cr17Ni14Mo2 等)、碳钢表面烧结搪玻璃反应釜等。

按传热方式可分为蒸汽(过热水)加热反应釜、有机热载体加热反应釜、电加热反应釜、远红外加热反应釜、明火加热反应釜等。

按规格大小可分为小试反应釜(容量 50L 以下)、中试反应釜(容量 1000L 以下)、常规生产反应釜(容量 1000L 以上)。

按用途由于生产的树脂品种不同,其生产工艺存在一些差别,反应釜的结构以及配套设备也有所不同,习惯用树脂的名称来进行归类命名,例如醇酸树脂反应釜、丙烯酸树脂反应釜、环氧树脂反应釜、氨基树脂反应釜、聚氨酯反应釜、氟树脂反应釜、不饱和树脂反应釜、乳液反应釜、固化剂反应釜等。

第二节 树脂反应的工作原理

将已检测过的物料按工艺要求从投料口加入反应釜内,在惰性气体的保护下,启动搅拌装置,用热媒升温,使釜内的物料在一定温度下进行充分的醇解、酯化及缩聚反应(有些树脂品种中间还应不断加入溶剂、单体和引发剂等完成聚合反应)。在整个反应过程中,通过取样装置进行在线检测酸值、黏度等指标。反应过程中产生的水蒸气和溶剂蒸汽等通过分馏柱、冷凝器、分水器进行溶剂回收和排水。反应完成后将树脂抽至兑稀釜或直接在反应釜内加入溶剂进行兑稀,经过滤后进行检验包装入库。

一、树脂生产工艺流程

树脂生产工艺流程见图 1-1。

二、树脂反应釜外形结构

树脂反应釜外形结构见图 1-2~图 1-7。

三、平滑型夹套树脂反应釜

平滑型夹套树脂反应釜在我国涂料生产中使用历史最长。它结构简单,制造周期短,夹套材料可选碳钢材料。缺点是筒体需同时承受内压和外压双重压力,壁厚较厚,夹套容积大,热载体用量多,循环速度慢,传热效果差,在当前提倡低碳节能的背景下,这种釜的使用量在逐渐减少,主要技术参数见表 1-1。

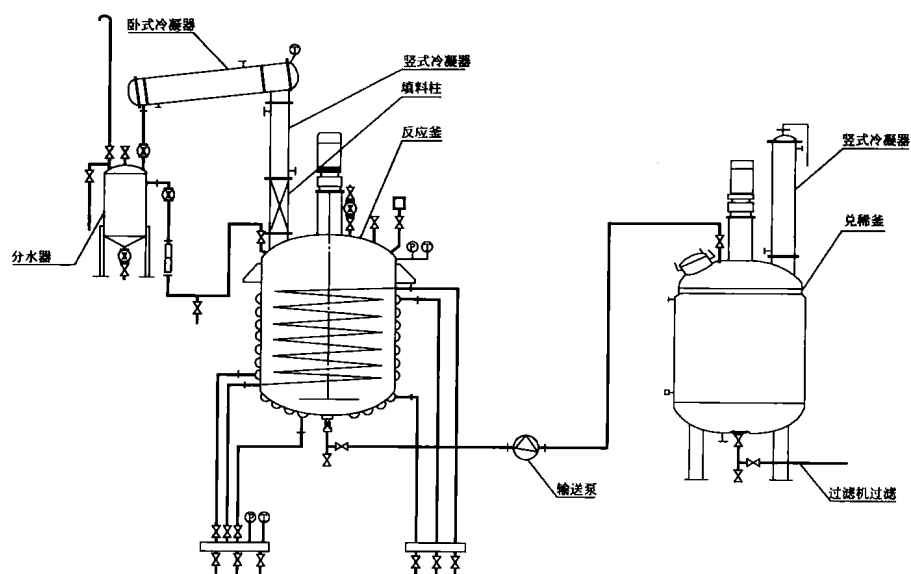


图 1-1 树脂生产工艺流程示意图

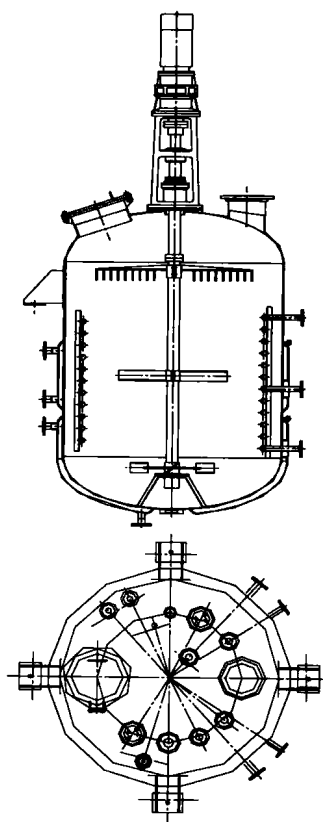


图 1-2 平滑型夹套反应釜

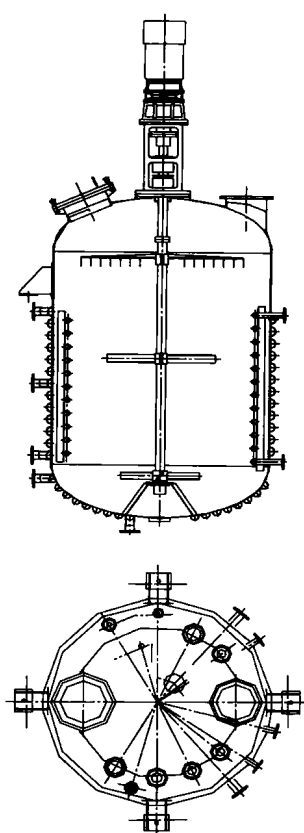


图 1-3 螺旋半圆管夹套反应釜

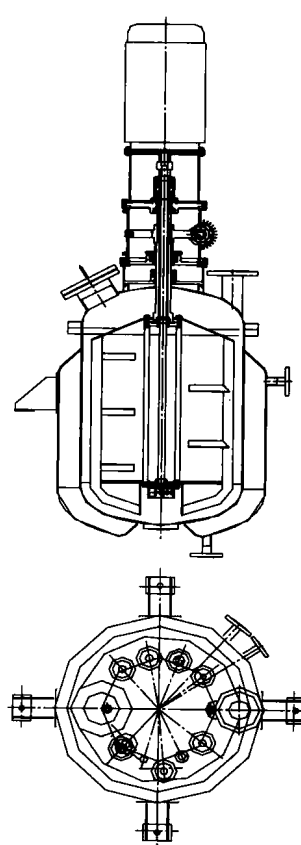


图 1-4 水乳化剪切反应釜

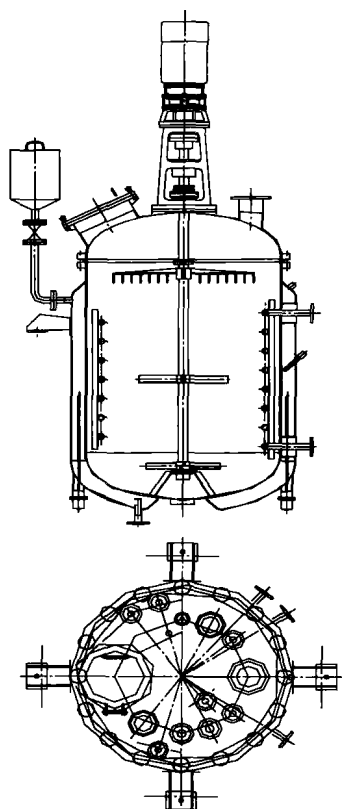


图 1-5 电加热反应釜

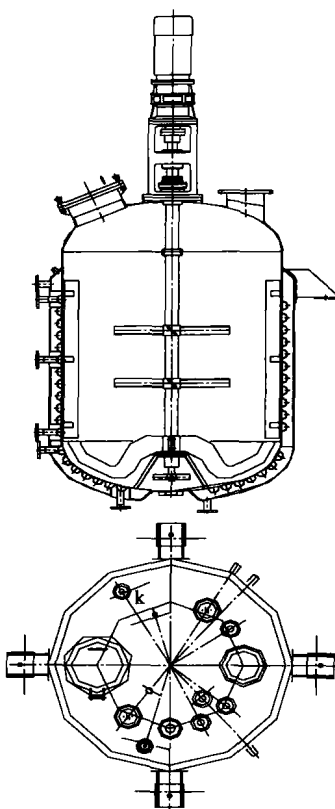


图 1-6 双夹套反应釜

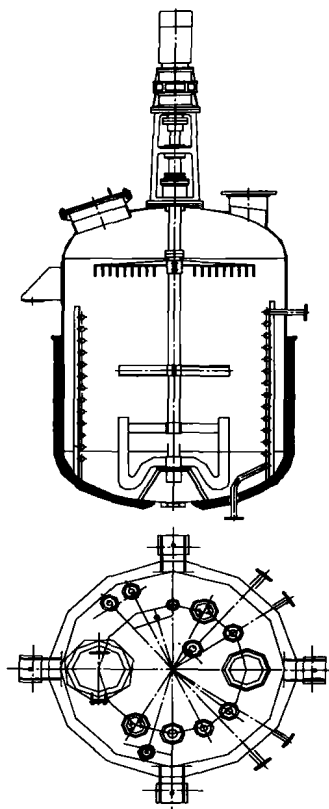


图 1-7 远红外加热反应釜

表 1-1 平滑型夹套树脂反应釜主要技术参数

反应釜 容积/L	筒体尺寸 $D \times L / (\text{mm} \times \text{mm})$	夹套尺寸 $D \times L / (\text{mm} \times \text{mm})$	进料量 /L	搅拌 功率/kW	冷凝器 面积/ m^2	分水器 容积/L
200	600×600	700×500	150	1.5	1.5	30
300	700×750	800×650	240	2.2	2	30
500	800×800	900×700	400	2.2	3	30
1000	1000×1200	1100×1050	800	4	5	60
1500	1200×1200	1300×1050	1200	4	8	90
2000	1300×1500	1400×1300	1600	5.5	10	120
3000	1500×1600	1600×1400	2500	7.5	15	150
4000	1600×1800	1700×1600	3200	7.5	20	220
5000	1800×1800	1900×1600	4000	11	25	260
6000	1800×2200	1900×2000	5000	11	30	320
8000	2000×2200	2150×2000	6500	15	40	450
10000	2200×2400	2400×2150	8000	18.5	50	520
12000	2400×2400	2600×2150	10000	22	60	600
15000	2500×2800	2700×2500	12000	22	75	750
16000	2500×3000	2700×2700	13000	30	80	800
20000	2800×3000	3000×2700	16000	30	1000	1000
25000	3000×3000	3200×2700	20000	37	125	1300
30000	3100×3500	3300×3200	27860	37	150	1500
40000	3200×4500	3400×4000	35600	55	200	2000

四、螺旋半圆管夹套树脂反应釜

螺旋半圆管夹套（以下简称半管）反应釜，与目前我国普遍采用的普通夹套式反应釜相比，有诸多好处。

1. 减小釜体壁厚，提高釜体的承载能力

夹套反应釜的内筒体需同时承受内外压的作用，而半管内的压力对釜体所加的外压可以忽略不计，而且因釜外焊有多圈半管，还能提高釜体承受内压的能力和增加釜体的刚性，所以在设计反应釜釜体壁厚和封头壁厚时，仅考虑釜内压力即可。在同等工艺条件下釜体和下封头的壁厚比按夹套设计的壁厚薄 40%~50%（按 12m³ 反应釜为例，直径 $\Phi 2200$ ，釜内设计压力 0.1MPa，夹套设计压力 0.4MPa，设计温度 260℃，内筒材质 0Cr18Ni9，平滑型夹套釜内筒体的计量壁厚为 18mm，而半管釜的壁厚为 10mm）。

2. 有利于提高传热效率。

传热问题是设计反应釜的关键问题之一。传热的好外，影响因素很多。

传热速率

$$Q = KF\Delta T$$

式中 K ——传热系数，J/(m²·h·℃)；

F ——传热面积，m²；

ΔT ——冷热流体的温度差，℃。

传热速率 Q 除决定于传热面积的大小和冷热流体的温度差外，还与传热系数 K 密切相关，对于平壁传热

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \sum \frac{\delta}{\lambda}}$$

式中 a_1 ——釜内流体的给热系数，J/(m²·h·℃)；

a_2 ——釜外流体的给热系数，J/(m²·h·℃)；

δ ——釜体壁厚、垢层厚度，m；

λ ——釜体材料及垢层的热导率，W/(m·K)。

a_1 是釜内物料对传热壁的对流给热系数，与物料的性质及搅拌等情况有关。在选定搅拌形式和转速以后，对于一定的物料，传热系数 K 主要考虑的因素是热交换流体的对流给热系数 a_2 、釜壁材料的热导率 λ 和壁厚、垢层厚度等的影响。

给热系数 a_2 的影响因素十分复杂，它与流体的性质、温度、压力、运动状况以及传热壁的形状、位置、大小等等因素有关，目前还未见到一个简单而普遍的公式以求出各种情况下的 a_2 值，只有一些在特定条件下的半经验公式可循。对于强制流的给热系统，主要决定于雷诺准数 (Re) 和普兰德准数 (Pr)。此外，管道弯曲处，由于流体的离心力作用，加剧了扰动，可使 a_2 值增大，且温度高时，流体的黏度减小，滞流层变薄，给热系数亦增大。流体在一定的温度下，在圆形直管内强制湍流的给热系数与流速的 0.8 次方成正比，与管径的 0.2 次方成反比，因比，增大流速或采用小管径并制成螺旋半管，都可增大给热系数 a_2 值，其中以增大流速的效果更为显著。

树脂反应釜采用半管后，载热流体在半管中的断面流速要比在普通夹套中流动的断面流速大得多。在载热流体流量相同时，半管组内的载热流体的流速可比夹套内的流速增大好几倍。由此可见，采用螺旋半圆管夹套要比普通夹套有利得多，它既可提高给热系数 a_2 值，又可降低热阻 $\sum \delta/\lambda$ 值，因而对传热系数 K 值的提高是非常有利的。

3. 节约能量消耗

半管反应釜与夹套反应釜相比：一方面如上所述，传热系数提高，有利于提高传热速率，减少加热或冷却的时间，从而节约冷热能的消耗；另一方面，半管的总容积要比夹套的总容积小得多。例如醇酸树脂，按照生产工艺的要求，每生产一釜树脂需进行三次升温 and 三次降温。当使用热媒炉加热时，需要将夹套中的冷媒置换出去，并送回热媒炉加热升温后才能循环使用，这样可以节约大量能量。其次为提高夹套中导热介质的流速，以增大其传热速率，必然要加大导热介质的流量，由于夹套的容积比半管的容积大几倍，因而必须加大输送管道的直径和加大导热介质的贮量才能满足要求，这不但因散热面积增大而使能耗加大而且也增大了投资，所以从节能量的角度进行比较，半管釜要比夹套釜有利得多。主要技术参数见表 1-2。

表 1-2 螺旋半圆管夹套树脂反应釜主要技术参数

反应釜 容积/L	筒体尺寸 $D \times L / (\text{mm} \times \text{mm})$	半管夹套尺寸 $\Phi \times \delta$ $/(\text{mm} \times \text{mm})$	进料量 /L	搅拌 功率/kW	冷凝器 面积/ m^2	分水器 容积/L
500	800×800	32×2.5	400	2.2	3	30
1000	1000×1200	45×2.5	800	4	5	60
1500	1200×1200	45×2.5	1200	4	8	90
2000	1300×1500	57×3	1600	5.5	10	120
3000	1500×1600	57×3	2500	7.5	15	150
4000	1600×1800	57×3	3200	7.5	20	220
5000	1800×1800	89×3	4000	11	25	260
6000	1800×2200	89×3	5000	11	30	320
8000	2000×2200	89×3	6500	15	40	450
10000	2200×2400	108×3	8000	18.5	50	520
12000	2400×2400	108×3	10000	22	60	600
15000	2500×2800	108×3	12000	22	75	750
16000	2500×3000	108×3	13000	30	80	800
20000	2800×3000	108×4	16000	30	1000	1000
25000	3000×3000	108×4	20000	37	125	1300
30000	3100×3500	133×4	27860	37	150	1500
40000	3200×4500	159×4	35600	55	200	2000

五、电加热树脂反应釜

这种反应釜结构与夹套反应釜相类似，从节能角度来讲并不节能。它的优点是用电加热导热油后，可直接向釜内供热，无需购置导热油炉和蒸汽锅炉，这对电力富裕地区较为适合。缺点是目下电力紧张、电费较贵，而且不适合大反应釜使用，导热油在夹套内受热也不均匀，电热棒附近区域的导热油容易结碳，因此传热效果差。如采用电加热方式生产树脂，选用远红外加热更方便、经济。主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 电加热树脂反应釜主要技术参数

反应釜 容积/L	筒体尺寸 $D \times L$ $/(\text{mm} \times \text{mm})$	夹套尺寸 $D \times L$ $/(\text{mm} \times \text{mm})$	进料量 /L	搅拌 功率 /kW	冷凝器 面积 / m^2	分水器 容积 /L	电加热 功率 /kW
200	600×600	800×500	150	1.5	1.5	30	18
300	700×750	900×650	240	2.2	2	30	24
500	800×800	900×700	400	2.2	3	30	24
1000	1000×1200	1100×1050	800	4	5	60	36
1500	1200×1200	1300×1050	1200	4	8	90	36