



普通高等教育“十三五”规划教材

ENGINEERING TRAINING
FOR CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY

化学工程与工艺专业 工程实训

莫桂娣 洪晓瑛 刘兰◎主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”规划教材

化学工程与工艺专业 工程实训

莫桂娣 洪晓瑛 刘兰 主编

常州大学图书馆
藏书章



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

图书在版编目 (CIP) 数据

化学工程与工艺专业工程实训 / 莫桂娣, 洪晓瑛,
刘兰主编. —北京: 中国石化出版社, 2019. 2
ISBN 978-7-5114-5243-6

I. ①化… II. ①莫… ②洪… ③刘… III. ①化学
工程 IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 040824 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者
以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区吉市口路 9 号
邮编: 100020 电话: (010) 59964500
发行部电话: (010) 59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京富泰印刷有限责任公司印刷
全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 7 印张 156 千字
2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷
定价: 32.00 元

前 言

工程实训课程是本科教育培养方案中非常重要的一环。工程实训不仅是一门为化工专业课程打基础的实践课，而且是一门将知识、素质、能力和创新融为一体的综合训练课。它为实施素质教育和创新教育提供了良好的平台，是进行实践教学和综合训练的重要场所；是理论联系实际、培养学生创新精神的教育模式；是实施素质教育、创新教育的有效途径。它在提高学生的综合素质尤其是职业素质方面起着其他课程不能替代的作用。然而，目前国内设立工程实训课程的各高校，由于实训项目的多样性，很难有统一的教材，教师往往根据实训装置适时修改，难以针对性地编写工程实训类讲义或指导书，且部分常见实训装置介绍又存在知识重复和专业性不强的特点。

在实施新工科战略和化工专业已通过专业认证背景，以及广东石油化工学院的“双体系渗透融合人才培养模式创建与实践”教学成果的推动下，为了进一步体现本科教育“教必蕴育，育必铸灵”教育教学综合改革创新思想，特组织具有丰富实训经验的老师对本专业的工程实训课程和教案进行系统性修订和总结，并编写本教材。本教材包括“化工流体输送管路拆装实训”“液-液连续萃取实训”“延迟焦化中试生产实训”“润滑油调合及分析实训”“原油综合评价实训”和“蒸汽裂解制乙烯实训”等具有化工企业特色的实训内容，充分体现了教材“贴合专业”“特色鲜明”和“石化渗透”的工程教育观念。

本书由莫桂娣负责全书规划、审稿和定稿；洪晓璜负责第三章和附录三、四、五的编写及全书统稿；刘兰负责组织分工，并和沈蓓负责第五章和第六章的编写；曾兴业负责第一章、第八章、第九章、附录一和附录二的编写；曾兴业、袁迎和赵加民负责第七章的编写；王斌负责第二章的编写；张战军、曾兴业负责第四章的编写。

本书在编写过程中得到中国石化出版社和广东石油化工学院的大力支持，以及同行专家的指导，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，加上时间仓促，书中不妥和欠缺之处在所难免，欢迎各位专家和读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 工程实训的任务和目的	(1)
第二节 石油化工工程教育实训中心简介	(1)
第二章 化工流体输送管路拆装工程实训	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 实训内容	(5)
第三章 液-液连续萃取工程实训	(10)
第一节 概述	(10)
第二节 实训内容	(17)
第四章 延迟焦化中试生产工程实训	(27)
第一节 概述	(27)
第二节 实训内容	(28)
第五章 润滑油调和及分析工程实训	(45)
第一节 概述	(45)
第二节 实训内容	(50)
第六章 原油综合评价工程实训	(57)
第一节 概述	(57)
第二节 实训任务	(62)
第三节 实训内容	(64)
第七章 蒸汽裂解制乙烯工程实训	(75)
第一节 概述	(75)
第二节 实训内容	(78)
第八章 《工程实训》课程教学大纲参考	(88)
第九章 《工程实训》课程总结参考	(94)
附录一 工程实训指导教师守则	(96)
附录二 工程实训学生守则	(97)
附录三 工业卫生和劳动保护	(98)
附录四 化工生产 41 条禁令	(100)
附录五 消防知识	(102)

第一节 工程实训的任务和目的

《化学工程与工艺专业工程实训》课程是化工专业重要的实践教学环节。在学习专业基础课程、专业课程和专业实验课程的基础上,通过系统的工程或工艺类实践训练,深层次地完成从方案设计、生产、产品分析到总结报告的系列实践活动。实训内容主要是围绕炼油和化工工程的操作单元,在校内工程实训中心完成,按选定模块进行教学。

《化学工程与工艺专业工程实训》课程主要的任务是要求学生深入了解炼油化工典型单元设备的结构与性能,掌握典型生产装置工艺流程、工艺控制指标、操作原理、产品质量控制指标要求及其检测方法,培养化工生产操作技能,掌握化工生产开停车操作、稳态运行操作,能运用工程理念和工程思维,对生产过程中的异常现象、生产事故作出正确判断,并准确地进行相应的处理,掌握炼油化工生产的组织与管理、产品质量分析、安全生产等方面的知识。

通过工程实训,力求达到以下目的:

- (1) 按照培养方案,完成该课程应达到的毕业要求指标点。
- (2) 通过实训,让学生切身体验企业生产氛围,掌握生产主要工序的基本操作技能。
- (3) 实训内容与生产实际相结合,兼顾科研开发;通过模拟生产实景,锻炼学生的综合素质和工程能力。
- (4) 实训设备以中试设备为主,可节省原料又可满足大型装置的流程化和技术要求的特点,让学生体验企业生产,熟悉各工序及部门之间的工作关系且做到节约资源。
- (5) 使学生在实训中直观地认识到专业实验与生产实践的密切相关性,使实训教学效果更加明显。

第二节 石油化工工程教育实训中心简介

《工程实训》课程主要在校内石油化工工程教育实训中心完成,该中心充分依托茂名石油化工产业基地,紧密结合“广东省劣质油加工与油品精细化利用工程技术研究中心”“石油化工实验与实践中心”“中央财政支持石油化工特色系列项目”等省级教学示范中心和科研平台,建设校内“石油化工工程教育实训中心”,其架构如图 1-1 所示。该实训中心拥有

石油化工发展历史与成果认知平台、石化工程基础认知实训平台、石油化工典型成套工艺实训部(含仿真)、石油化工产品质量检测实训平台和工程实训中心平台, 为学生完成工程实训课程提供了有利支撑与保障。

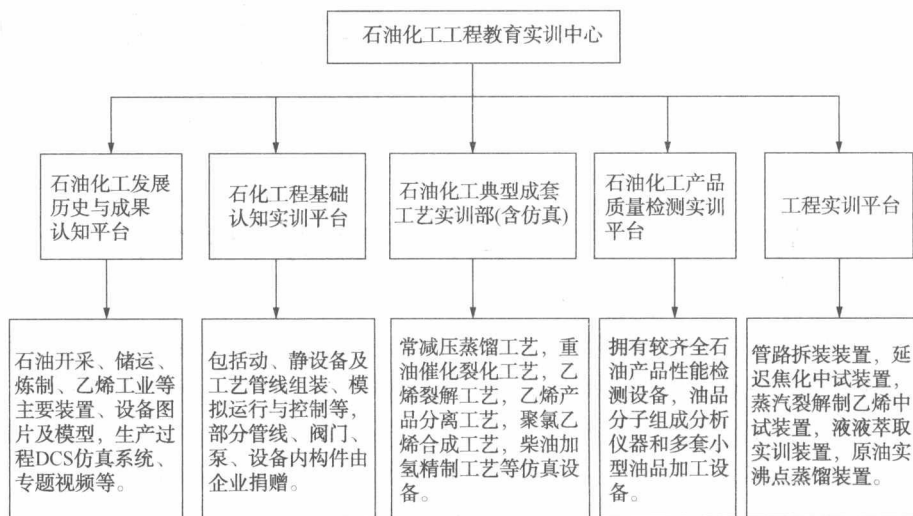


图 1-1 石油化工工程教育中心组织架构

第二章 化工流体输送管路拆装工程实训

第一节 概述

化工流体输送管路拆装是化工专业类学生实践实训的重要科目。化工流体输送管路拆装装置由管道、管件、阀门、水箱、水泵及测量仪表等组成。在实际生产中,只有把这些组成部分合理、正确地组装在一起才能保证装置的正常运行,并且在将部件拆分时也有许多需要注意的地方,例如怎样合理使用工具,如何将部件编号、合理放置等。

本实训装置是一套化工系统中最基础和最常用的经典的水流体输送系统。可实现管道流动阻力、管件识辨、离心泵特性、泵拆装、流量计安装和四大化工参量的安装、检测、显示等实训功能。实训过程中考查学生对该化工流程和管道系统的识图、搭建、开车、试运行和检修等过程,从而使学生认知化工系统的安装与运行,极大提升学生的动手能力,提高团队合作意识。

一、装置特点

(1) 强调树立工程概念,特别是大化工观点的认知,强化手动操作技能训练,各动手单元如管道拆装、管件更换、基本检测器的接线、仪表参数整定,设置的故障检修点诊断等。

(2) 对学生全面分析系统、辨别正误和迅速决策等能力,在实践中结合识图能力、出具规范清单、安全操作等各项理论功底의考查。

(3) 配套流体输送机械、化工仪表和机械制图等多门课程的教学实践,如管道流动阻力、管件识辨、离心泵特性、流量计安装和四大化工参量的安装、检测、显示。

二、装置配置

1. 拆装仪表(见表 2-1)

表 2-1 拆装仪表

序号	名称	形式	单位	数量
1	压力表	压力表,精度:1.5%FS	只	2
2	转子流量计	玻璃转子流量计,精度:4%FS	只	1
3	双金属温度计	双金属温度计,精度:1.5%FS	只	1

2. 实训装置配置表(见表 2-2)

表 2-2 实训装置配置表

分项	说 明			
设计参数	液体流量: $0\sim 8\text{m}^3/\text{h}$			
	液体温度: 常温			
公用工程	水: 装置自带贮水箱, 实验前用清洁水源灌注满, 实验过程中可循环使用, 实验结束后排空即可			
	电: 电压 AC380V, 功率 4kW, 三相四线制。每个实验室需配置 1~2 个接地点(安全地及信号地)			
实验物料	清洁自来水			
对象组成	水箱: 不锈钢材质, 带贮水排空底阀, 进水管路设置专用接口			
	循环水泵: 机械密封卧式连轴化工泵; 供电: 三相 380VAC; 功率: 3kW			
	水泵进口管路: 不锈钢材质, DN50, 配合法兰安装阀门及过滤器			
	水泵出口管路: 不锈钢材质, DN32 及 DN40, 配合法兰安装阀门			
	回流管路: 不锈钢材质, DN40; 安全泄压管路: 不锈钢材质, DN25			
	灌泵管路: 不锈钢材质, 专用灌泵管路, 方便操作检验; 耐压测试管路: 不锈钢材质, 专用管路耐压测试接口			
仪控检测系统	电源设备: 布线槽, 带漏电保护的空气开关盒			
	变 量	检 测 机 构	显 示 机 构	执 行 机 构
	离心泵进口压力	压力表, 精度: 1.5%FS	压力表就地显示	无
	离心泵出口压力	压力表, 精度: 1.5%FS	压力表就地显示	管路出口阀(手动)
流体流量	玻璃转子流量计, 精度: 4%FS	流量计就地显示	管路出口阀(手动)	
设备装置系统	名 称	规 格	数 量	备 注
	循环水泵	机械密封卧式连轴化工泵	1	国标
	水箱	镜面不锈钢, $\Phi 500\times 600$	1	
	过滤器	不锈钢	1	国标
	闸阀	不锈钢, 法兰式, DN50	2	国标
	铜球阀	螺纹式, DN15	4	国标
	止逆阀	不锈钢, DN40	1	国标
	安全阀	不锈钢, DN25	1	国标
	截止阀	不锈钢, 法兰式, DN40	1	国标
	法兰	不锈钢, DN32	1 组	国标
		不锈钢, DN40		
		不锈钢, DN50		
活接、三通、弯头等	不锈钢, 与管路配套	1 组	国标	
管路	不锈钢管 DN25、N32、DN40、DN50	1 组	国标	
	不锈钢软管	1	国标	

续表

分项	说 明	
电气组成	电气元件	数量
	电源插头	1 个
	4P 空气开关	1 个
	8 路开关盒等	1 组
备注	上述不锈钢均为 SUS304 材质	

三、工艺流程

(1) 装置组成：本系统主要由离心泵、容器、管道、管件、阀门和仪表主要电器部件构成。

(2) 管路拆装工艺流程图如图 2-1 所示。

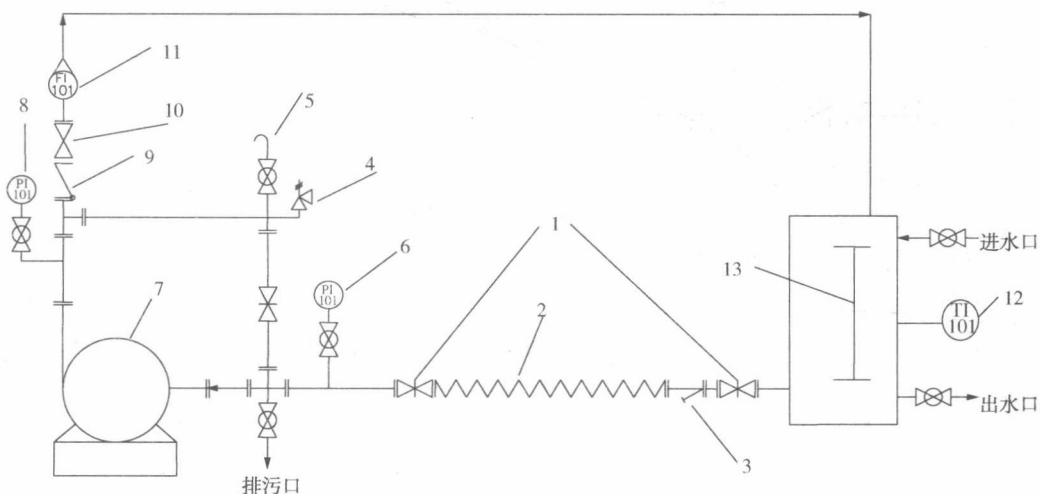


图 2-1 管路拆装工艺流程图

1—闸阀；2—软管；3—过滤器；4—安全阀；5—放空阀；6—真空表；7—泵；8—压力表；
9—单向阀；10—截止阀；11—转子流量计；12—双金属温度计；13—液位计

第二节 实训内容

一、实训目的

- (1) 掌握化工工艺流程图的识读、绘制的方法和步骤。
- (2) 了解阀门的种类和用途，掌握阀门的选用和安装。
- (3) 掌握闸阀、截止阀、球阀、安全阀、仪表调节阀的结构及工作原理。
- (4) 掌握管线的正确组装、拆除的程序及管道试压。
- (5) 能做到管线拆装过程中的安全规范。

二、实训任务

(1) 查找资料,了解常见几种阀门、泵的特点、适用范围及各部件的作用。

(2) 化工流体输送管路拆装现场。

① 领取工具,开始拆卸。

② 主要零部件测量尺寸,完成零部件一览表,画实训装置简易流程图。

③ 闸阀、截止阀测量绘制结构图。

④ 组装、试漏。

⑤ 泄漏处重新拆卸、组装。

(3) 制图任务。

① 完成闸阀、截止阀的正面图、俯视图、左视图、半剖图,要求用 A3 图纸,按比例缩放,按照工程制图的要求完成,含尺寸标注及图纸标题栏。

② 完成管路的工艺流程图,要求采用 Auto CAD 软件制图, A3 图纸打印。在图中标注各零部件序号,包含零部件一览表及图纸标题栏。

三、实训操作

(1) 管路拆卸。

① 操作前佩戴好手套等防护工具,对照工具领用表领用工具。

② 操作前先将管路内水放尽,并检查阀门是否处于关闭状态,将部件编号。

③ 按照拆装顺序一般由上至下,先仪表、阀门后拆管道,拆卸过程中不得损坏管件和仪表。拆下的管道、管件、阀门和仪表归类放好,对螺纹连接的管路,其中活接头管件必须首先卸下。

④ 按要求测量尺寸。

(2) 管路组装。

① 对照管路示意图进行安装,安装中要保证横平竖直。

② 安装顺序一般先下后上,先远后近,先主线后分支,先管道后仪表、阀门,对螺纹连接的管道,其中活接头管件必须最后安装或拧紧。

③ 法兰与螺纹接合时法兰的平行度、同心度要符合要求。螺纹接合时要做到生料带缠绕方向正确和厚度合适,螺纹与管件咬合时要对准、对正、拧紧力度要适中。

④ 阀门的安装。阀门安装前要将内部清理干净,关闭好再进行安装,对有方向性的阀门要与介质流向吻合,安装好的阀门手轮位置要便于操作。

⑤ 流量计和压力表及过滤器的安装。按具体安装要求进行安装。注意流向,有刻度的位置要便于读数。

(3) 试压、试漏。

管路安装后,为了保证管路能正常运行,要对管路的强度和气密性进行实验,检查管路是否有漏气、漏液现象。实验用的是水压实验,在实验压力下,最少 30min 以上,检查管路所有接口没有发现渗漏现象,即水压实验合格。若发现泄漏先卸压再处理,直到无泄漏。

(4) 对照工具表归还工具并打扫实训现场。

四、化工流体输送管路拆装实训装置的操作注意事项

(1) 试压时升压要缓慢, 实验压力较高时, 要逐渐加压以便能及时处理泄漏处和其他缺陷。

(2) 操作中, 安装工具要使用合适、恰当。法兰安装中要做到对得正、不反口、不错口、不张口。拧紧螺栓时应对称, 十字交叉进行, 以保证垫片受力均匀; 安装和拆卸过程中注意安全防护, 避免出现安全事故。

(3) 实验结束后将系统内的水排尽。

五、数据记录

1. 工具领用表(见表 2-3)

表 2-3 工具领用情况登记表(第__组)

序号	名称	规格	单位	数量	领用	归还	备注
1	管子钳	450mm	把	1			
2	管子钳	300mm	把	1			
3	活动扳手	12 寸	把	1			
4	活动扳手	10 寸	把	1			
5	呆扳手	17~19mm	把	1			
6	呆扳手	22~24mm	把	1			
7	两用扳手	17mm	把	1			
8	两用扳手	19mm	把	1			
9	两用扳手	22mm	把	1			
10	两用扳手	24mm	把	1			
11	木榔头	2.5 寸	把	1			
12	穿心一字批	12 寸(敲棒)	把	1			
13	螺丝一字批	小号	把	1			
14	螺丝一字批	中号	把	1			
15	螺丝十字批	小号	把	1			
16	螺丝十字批	中号	把	1			
17	水平尺	600mm	把	1			
18	直角尺	LG-ZT300 12"/300mm	把	1			
19	卷尺	3m	把	1			
20	普通游标卡尺	LG-W150 6"/0~150mm	把	1			

- (2) 原始数据记录表。
- (3) 实训总结。
- (4) 心得体会(每位同学一份)。
- (5) 小组讨论纪要(每位同学一份)。
- (6) 图纸:①闸阀结构图,②截止阀结构图,③化工流体输送管路工艺流程图。

2. 现场考核

要求参加考核的同学在规定时间内完成如下内容:

①根据管路拆装装置,能够准确识别所有的管道、管件、仪表、阀门等(管路由管道、管件、阀门等组成;管件有弯头、三通等;阀门有球阀、截止阀、止回阀、安全阀等;仪表有压力表、真空表、流量计等)。

②能准确列出组装管线中存在的问题。

③能进行管道的试漏、试运行,流量的切换等操作。

④能做到管路拆装过程中的安全规范。

3. 工程实训报告格式要求

(1) 工程实训全文格式按毕业论文格式要求。

(2) 必须有封面、目录、页眉、页脚。

4. 工程实训成绩构成

考勤 10%, 在实训基地的安全性、规范性和整洁性等现场综合表现 30%, 理论考试成绩 20%, 现场考核 20%, 实训报告 20%。

第三章 液-液连续萃取工程实训

第一节 概述

一、装置说明

1. 工业背景

萃取是利用混合物中各组分在外加溶剂中的溶解度差异而实现分离的单元操作。液-液连续萃取是实际工业生产中一种常见的分离液态混合物方式，利用萃取分离液态混合物分离效率高，运行费用低，能取得良好的工业效果。因此，液-液连续萃取装置是化工领域中常见装置，在无机化工、石油化工、医药化工、食品化工等行业中均有广泛应用。

考虑学校实际需求状况及实验原料的安全环保性，本萃取实训装置采用水、苯甲酸-煤油溶液为萃取体系，进行萃取实训操作。

2. 实训功能

(1) 化工设备操作岗位技能：能进行气泵、离心泵、萃取塔等设备操作。

(2) 现场工控岗位技能：气泵的流量调节及手阀调节；轻、重相入口及出口温度测控；轻相泵及重相泵输送压力测控。

(3) 就地及远程控制岗位技能：现场控制台仪表与微机通讯，实时数据采集及过程监控；总控室控制台 DCS 与现场控制台通讯，各操作工段切换、远程监控、流程组态的上传记录等。

(4) 分析岗位技能：对萃取体系的萃取前后样品进行分析，能进行取样、滴定、分析、计算等过程操作。

3. 流程简介

液-液连续萃取装置工艺流程图如图 3-1 所示。

清水从重相储槽(V205)经重相泵(P202)由上部加入萃取塔(T201)内，形成并维持萃取剂循环状态，再启动高压气泵(C201)从萃取塔底部加入空气，苯甲酸-煤油从轻相储槽(V203)经原料泵(P201)由萃取塔下部加入，向塔中加入空气是为了增大轻-重两相接触，加快传质速度。两相传质后，萃余液往塔顶富集，萃取液在塔底富集，通过萃取塔塔底出口阀 V32 控制采出量，维持油水分相界面在萃取塔塔顶玻璃视镜段低端 1/3 处左右。当塔顶液位高于溢流管时，液体经溢流管流入萃余分相罐(V206)中再次分层，萃余分相罐上层液体经溢流管进入萃余相储罐(V202)，下层液体经分相罐底阀 V13 流入萃取相储罐(V204)中。待系统稳定后，在原料取样口 V01、萃余相取样口 V27 和萃取相取样口 V20

处，分别取样分析其苯甲酸含量。

通过改变空气流量和轻重相的进口物料流量，比较不同操作条件下的萃取效果。

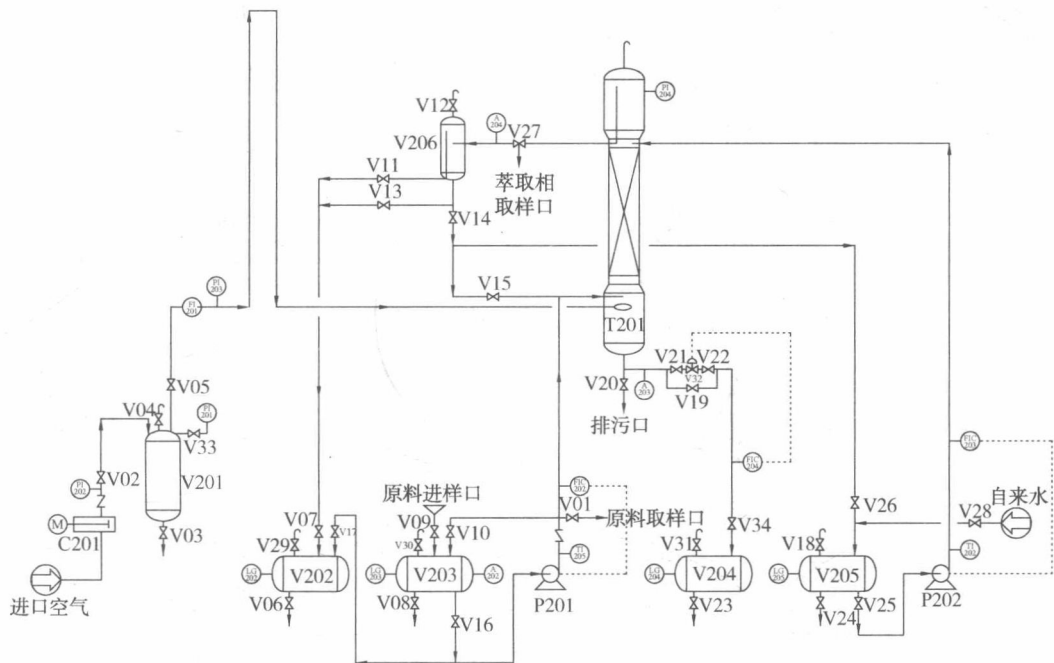


图 3-1 液-液连续萃取装置工艺流程图

C201—气泵；V201—空气缓冲罐；V202—萃余相储罐；V203—轻相储罐；V204—萃取相储罐；
V205—重相储罐；V206—萃余分相罐；P201—轻相泵；P202—重相泵；T201—萃取塔

4. 装置布局示意图

装置平面布置示意图如图 3-2 所示，装置立面示意图如图 3-3 所示。

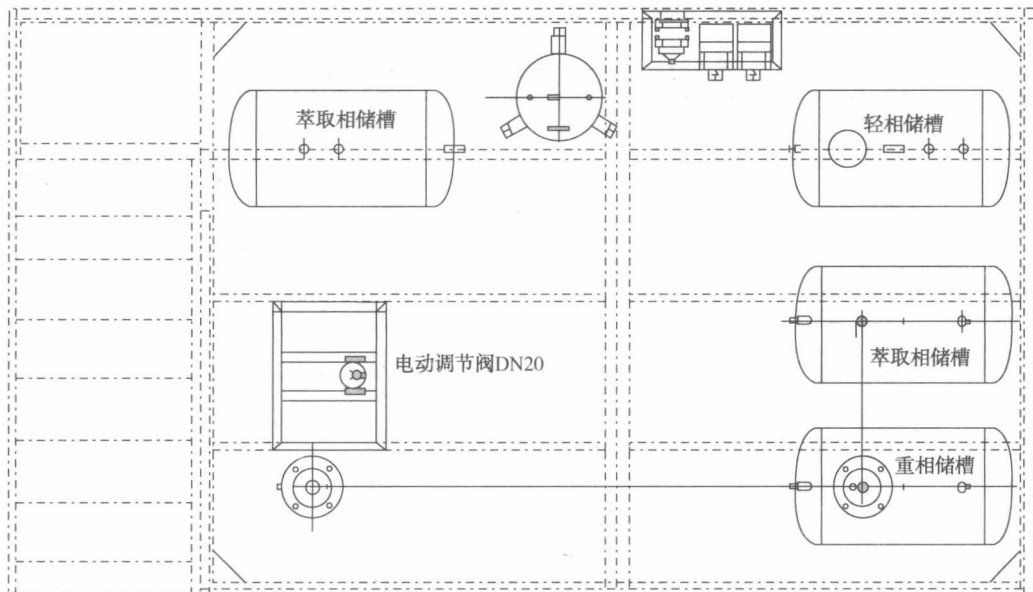


图 3-2 平面布置示意图

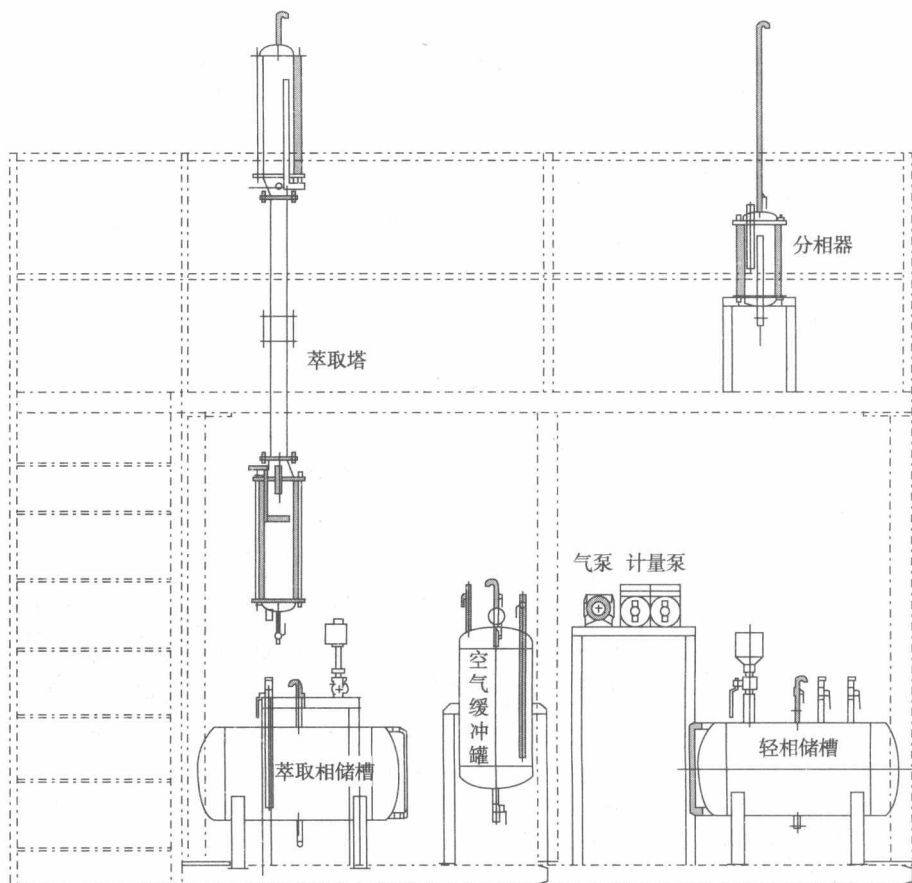


图 3-3 立面示意图

5. 设备一览表(见表 3-1)

表 3-1 液-液连续萃取装置设备一览表

名称	规格型号
空气缓冲罐	不锈钢, $\Phi 300\text{mm} \times 200\text{mm}$
萃取相储罐	不锈钢, $\Phi 400\text{mm} \times 600\text{mm}$
轻相储罐	不锈钢, $\Phi 400\text{mm} \times 600\text{mm}$
萃余相储罐	不锈钢, $\Phi 400\text{mm} \times 600\text{mm}$
重相储罐	不锈钢, $\Phi 400\text{mm} \times 600\text{mm}$
萃余分相罐	不锈钢, $\Phi 150\text{mm} \times 320\text{mm}$
重相泵	计量泵, 54L/h
轻相泵	计量泵, 54L/h
萃取塔	上下扩大段: 硬质玻璃, $\Phi 150\text{mm} \times 600\text{mm} \times 2$; 中间填料段: 不锈钢, $\Phi 120\text{mm} \times 1200\text{mm}$; 填料为不锈钢规整填料
气泵	小型压缩机