

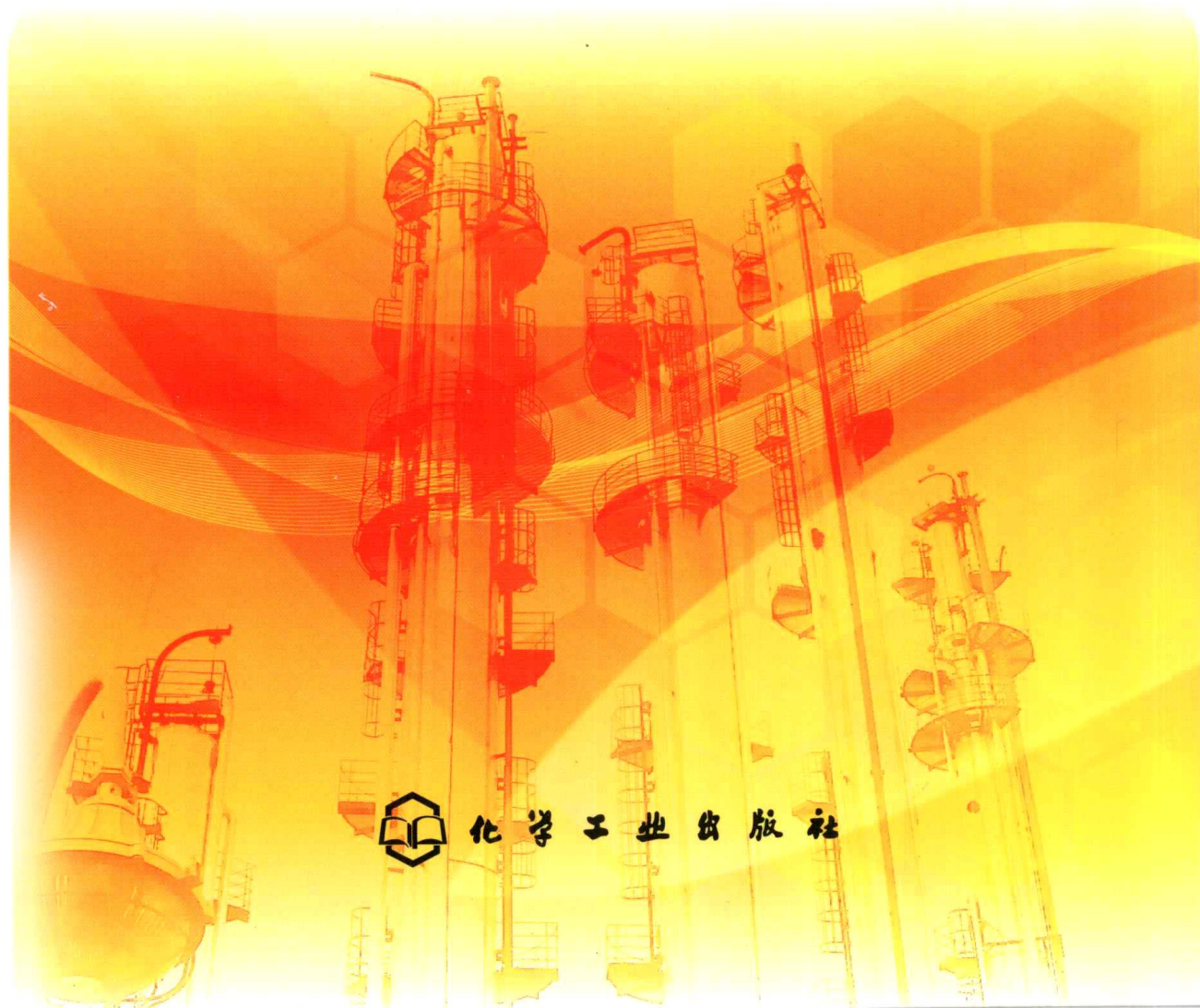
高等学校教材

HUAGONG
YUANLI
KECHENG SHEJI

化工原理课程设计

(典型化工单元操作设备设计)

付家新 王为国 肖稳发 主编
王存文 主审



化学工业出版社

高等学校教材

化工原理课程设计

(典型化工单元操作设备设计)

付家新 王为国 肖稳发 主编
王存文 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书为高等院校化工原理课程设计教材，全书共分七章，内容包括：化工原理课程设计基础、搅拌装置、换热装置、蒸发装置、塔设备、萃取装置、干燥装置的工艺设计。为强调化工工程项目设计实用性和可操作性，本书选编了12个不同类型的化工装置设计示例，借此引导学生快速掌握化工装置的设计技巧与方法。

本书主要用作高等院校化学工程与工艺专业的教学用书，也可作为化工相关专业的教材，以及化学化工类本科生完成毕业设计的实用参考书，同时也可作为化工领域科研与设计、生产与管理部门工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工原理课程设计 (典型化工单元操作设备设计)/付家新, 王为国, 肖稳发主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.11
高等学校教材
ISBN 978-7-122-09534-3

I. 化… II. ①付…②王…③肖… III. 化工原理-课程设计-高等学校-教学参考资料 IV. TQ02-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 185847 号

责任编辑: 徐雅妮 杜进祥
责任校对: 王素芹

文字编辑: 刘志茹
装帧设计: 史利平

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: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 23½ 插页 4 字数 638 千字 2010 年 12 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: 39.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书根据全国化学工程与工艺专业规范化要求，充分考虑社会经济发展对化工人才培养质量的期盼，结合编者在化工企业多年的工作经验及在高校多年从事化工原理课程教学的体会，同时参考同类化工原理课程设计教材编写而成。在编写过程中，充分吸纳了已有教材的优点，突出工程实用性，力求理论与实践相结合。

化工单元操作种类繁多，对应的设备形式更是千变万化。本书不求包罗万象，但力求反映较宽领域内典型装置的工艺设计计算方法，并辅之以丰富而系统的化工装备工艺设计示例，以期读者能够全面了解设计过程中的具体细节，并充分享受设计过程中的乐趣和快感。本书选编了六类典型化工单元操作设备的工艺设计原理和工艺计算方法，充分阐述了与之配套的辅助设备的设计和选型，同时对主体设备的结构设计也进行了强化，将历年来两个原本相互依存而却彼此相互独立的化工原理课程设计与化工机械基础课程设计结合起来，使之形成一个有机的整体。这六类单元操作设备分别是：搅拌装置（夹套式和蛇管式釜式搅拌反应器）、换热装置（列管式换热器、板式换热器和热虹吸式再沸器）、蒸发装置（循环型和单程型蒸发器）、塔设备（板式塔和填料塔）、萃取装置（转盘萃取塔）、干燥装置（喷雾干燥器和流化床干燥器）。

本书精编较为完整的装置设计示例 12 个，过程详细，图表丰富，公式繁多，便于自学，且每章附有设计任务若干，可作为化学化工类本科化工原理课程设计或化工单元过程与设备课程设计教材，亦可供化学工程设计人员以及化工生产管理技术人员参考。

本书由长江大学付家新负责组织实施，长江大学、武汉工程大学、上海工程技术大学共同编写完成。参加本书编写的有长江大学付家新、吴洪特、秦少雄、王任芳、李赓、石东坡、侯明波，武汉工程大学王为国，上海工程技术大学肖稳发等，全书承蒙武汉工程大学王存文教授主审，提出了许多修改意见。在本书的编写过程中，得到了长江大学化学工程与工艺省级品牌专业建设团队和化学与环境工程学院相关部门的领导和同事以及梅平教授、尹先清教授的大力支持与帮助，研究生李萍萍对设计示例计算结果做了大量的复核工作，在此一并表示感谢。同时还要对本书所列参考文献的作者表示诚挚的谢意。

由于编者经验不足，水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者和同行批评指正。

编 者
2010 年 6 月

目 录

第 1 章 化工原理课程设计基础	1
1.1 化工设计与化工原理课程设计概述	1
1.1.1 化工设计的分类与化工设计的内容	1
1.1.2 化工工艺设计的主要内容	1
1.1.3 化工原理课程设计的基本要求及 基本内容	2
1.2 化工生产工艺流程设计	3
1.2.1 工艺流程图中常见的图形符号	3
1.2.2 工艺流程设计	8
1.3 主体设备设计工艺条件图	13
1.4 混合物物性数据的估算	15
1.4.1 混合物的平均摩尔质量	15
1.4.2 混合物的密度	15
1.4.3 混合物的黏度	15
1.4.4 混合物的热导率	16
1.4.5 混合物的比热容	17
1.4.6 混合物的汽化潜热	17
1.4.7 混合液的表面张力	17
第 2 章 搅拌装置的工艺设计	20
2.1 概述	20
2.1.1 机械搅拌设备的基本结构	20
2.1.2 搅拌器的类型与选择	20
2.1.3 搅拌器安装形式与流型	23
2.2 搅拌装置工艺设计	25
2.2.1 搅拌功率工艺设计计算	25
2.2.2 搅拌器工程放大	29
2.2.3 搅拌器中的传热	30
2.2.4 搅拌器主要附件	33
2.3 搅拌装置工艺设计示例	36
2.4 搅拌装置设计任务五则	39
2.4.1 均相液体机械搅拌夹套 冷却反应器的设计	39
2.4.2 均相液体机械搅拌夹套-蛇管冷却反 应器的工艺设计	40
2.4.3 互溶性液体混合间歇搅拌 装置的设计	40
2.4.4 固体在液相中悬浮搅拌装 置的设计	41
2.4.5 液-液萃取搅拌装置的设计	41
第 3 章 换热装置的工艺设计	42
3.1 概述	42
3.2 管壳式换热器的工艺设计	44
3.2.1 确定设计方案	45
3.2.2 管壳式换热器的结构	49
3.2.3 管壳式换热器的工艺设计计算	56
3.2.4 管壳式换热器工艺设计示例	63
3.3 板式换热器的工艺设计	72
3.3.1 板式换热器的基本结构	73
3.3.2 板式换热器设计的一般性 原则	78
3.3.3 板式换热器的工艺设计计算	79
3.3.4 板式换热器工艺设计示例	81
3.4 再沸器的工艺设计	83
3.4.1 再沸器的类型	83
3.4.2 再沸器型式的选择	85
3.4.3 立式热虹吸再沸器的工艺设计	85
3.4.4 立式热虹吸再沸器工艺设 计示例	93
3.5 换热器设计任务五则	97
3.5.1 列管式煤油冷却器的工艺 设计	97
3.5.2 乙醇-水精馏塔顶产品冷凝器 的工艺设计	98
3.5.3 正戊烷冷凝器的设计任务书	99
3.5.4 锯齿形板式热水冷却器的 选型设计	101

3.5.5 立式热虹吸再沸器的工艺设计	101		
第4章 蒸发装置的工艺设计	102		
4.1 概述	102	计计算	113
4.1.1 蒸发装置的结构特点	102	4.3.1 加热管的选择和管数的初步估计	113
4.1.2 蒸发装置的选型原则	106	4.3.2 循环管的选择	114
4.1.3 蒸发操作压力的选择	107	4.3.3 加热室直径及加热管数目的确定	114
4.1.4 多效蒸发的效数与流程	107	4.3.4 分离室直径和高度的确定	114
4.2 多效蒸发过程的工艺计算	108	4.3.5 接管尺寸的确定	115
4.2.1 各效蒸发量和完成液组成的估算	109	4.4 蒸发装置的辅助设备	115
4.2.2 各效溶液沸点及有效总温度差的估算	109	4.4.1 气液分离器	116
4.2.3 加热蒸汽消耗量及各效蒸发水量的初步估算	111	4.4.2 蒸汽冷凝器	117
4.2.4 传热系数 K 的确定	111	4.5 蒸发装置工艺设计示例	120
4.2.5 蒸发器传热面积和有效温差在各效中的分配	112	4.6 蒸发装置设计任务两则	127
4.3 蒸发器主要工艺结构尺寸的设计		4.6.1 NaOH 水溶液蒸发装置的设计	127
		4.6.2 KNO_3 水溶液蒸发装置的设计	128
第5章 塔设备的工艺设计	129		
5.1 概述	129	5.2.10 浮阀塔精馏工艺设计示例	181
5.2 板式塔的工艺设计	131	5.3 填料塔的工艺设计	192
5.2.1 设计方案的确定	132	5.3.1 设计方案的确定	192
5.2.2 塔板型式的选择	133	5.3.2 填料型式的选择	192
5.2.3 塔内件工艺结构尺寸的设计计算	136	5.3.3 填料塔的塔内件	197
5.2.4 塔板上的流体力学计算和校核	150	5.3.4 填料塔的塔附件	207
5.2.5 气液负荷性能图	156	5.3.5 填料塔塔体工艺结构计算	208
5.2.6 塔体工艺结构尺寸的设计计算	157	5.3.6 填料塔流体力学性能的校核	213
5.2.7 塔附件的工艺设计	161	5.3.7 填料吸收塔工艺设计示例	216
5.2.8 辅助设备的工艺设计	168	5.4 塔设备工艺设计任务十则	235
5.2.9 筛板塔精馏工艺设计示例	169	5.4.1 板式塔设计任务六则	235
		5.4.2 填料塔设计任务四则	238
第6章 液-液萃取装置的工艺设计	241		
6.1 概述	241	6.2.2 转盘塔内的流体流动	246
6.1.1 萃取剂的选择	241	6.2.3 转盘塔的主要结构参数	247
6.1.2 萃取操作参数的选择	246	6.2.4 转盘塔的流体力学特征与塔径的计算	247
6.1.3 萃取流程的选择	243	6.2.5 传质和塔高的计算	250
6.1.4 萃取设备的选择	244	6.2.6 转盘塔的工艺设计步骤	259
6.2 转盘萃取塔的工艺设计	245	6.3 转盘塔的结构设计	260
6.2.1 转盘萃取塔的基本结构	245	6.3.1 塔体	260

6.3.2	内件	260	6.4	转盘塔工艺设计示例	265
6.3.3	附件	264	6.5	转盘萃取塔设计任务一则	270
6.3.4	传动装置	264			
第7章 干燥装置的工艺设计					271
7.1	概述	271	7.3.1	流态化干燥的特征	308
7.2	喷雾干燥器的工艺设计	274	7.3.2	流化床干燥器的类型	309
7.2.1	喷雾干燥的原理和特点	274	7.3.3	多层流化床干燥过程的数学描述	313
7.2.2	喷雾干燥方案的确定	275	7.3.4	流化床干燥器的设计计算	318
7.2.3	喷雾干燥过程的工艺计算	282	7.3.5	多层流化床干燥器的设计示例	323
7.2.4	喷雾干燥塔工艺结构尺寸的设计计算	284	7.4	干燥装置设计任务两则	332
7.2.5	附属设备的设计和选型	294	7.4.1	喷雾干燥装置工艺设计	332
7.2.6	喷雾干燥塔的设计计算示例	300	7.4.2	流化干燥装置的工艺设计	332
7.3	流化床干燥器的设计	308			
附录					334
附录1	课程设计任务书样本	334	附录6	换热器系列标准(摘录)	350
附录2	图纸幅面与标题栏简化格式	336	附录7	输送流体用无缝钢管规格	353
附录3	典型设备图面技术要求	337	附录8	管法兰	354
附录4	典型设备装配图	341	附录9	椭圆形封头	360
附录5	泵与风机的性能参数(摘录)	346	附录10	化工原理课程设计评分规则	365
参考文献					367

第 1 章

化工原理课程设计基础

1.1 化工设计与化工原理课程设计概述

1.1.1 化工设计的分类与化工设计的内容

工程设计是科学技术转化为生产力的桥梁和纽带，是整个工程项目建设的灵魂，决定着工业现代化的水平，在工程建设中处于主导地位，它对工程质量、建设周期、投资效益以及投产后的经济效益和社会效益起着决定性的作用。

化工设计是工程设计领域中一个很重要的分支。从一个化工新产品（或一个化工新技术）的试验研究开始到进行工厂（或装置）的建设，整个阶段一般需要进行两大类设计：第一类是新技术开发过程中的几个重要环节，即概念设计、中试设计和基础设计等，这类设计一般由项目研究单位的工程开发部门负责；第二类是工程建设过程中的几个重要环节，它包括可行性研究、初步设计、扩初设计和施工图设计等，这类设计一般由研究单位委托设计单位组织实施。

一个较为完整的化工设计通常涉及化工工艺、土建（房屋和设备基础等）、给排水、采暖、通风、保温、冷冻、电气、自控、仪表、预（概）算等各类专业，其中工艺专业的设计决定了整个设计的概貌，是设计的核心，其他非工艺专业的设计则是以工艺设计为基础的。

因此，化工设计工作是由工艺项目与非工艺项目所组成的统一体，它需要由工艺设计人员与非工艺设计人员通力合作共同完成。

化工设计应包括以下主要内容：

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| ① 化工工艺设计； | ⑤ 自动控制设计； |
| ② 总图运输设计； | ⑥ 机修、电修等辅助车间设计； |
| ③ 土建设计； | ⑦ 外管设计； |
| ④ 公用工程（供电、供热、给排水、
采暖、照明和通风等）设计； | ⑧ 工程概算与预算。 |

其中，化工工艺设计是化工工程设计的主体。一是任何一个化工工程项目的设计都是从工艺设计开始，并以工艺设计结束；二是在整个工程设计过程中非工艺设计要服从工艺设计，同时工艺设计又要考虑和尊重其他各专业的特点与合理要求，在整个设计过程中进行协调。因此，工艺设计关系到整个工程设计的成败与优劣。

1.1.2 化工工艺设计的主要内容

进行化工工艺设计首先要编制设计方案。为此，要对建设项目进行认真调研，全面了解建设项目的各个方面。最好对几个设计方案进行对比分析，权衡利弊，最后选用技术上先进、经济上合理、生产上安全、并对环境友好的最佳方案。

化工工艺设计一般应包括以下几项内容：

- | | |
|-----------------|--------------------------------------|
| ① 原料路线和技术路线的选择； | ⑦ 化工管路设计； |
| ② 工艺流程设计； | ⑧ 非工艺设计项目的考虑，即由工艺设计人员提出非工艺设计项目的设计条件； |
| ③ 物料衡算； | ⑨ 编制设计文件，包括编制设计说明书、附图和附表等。 |
| ④ 能量衡算； | |
| ⑤ 设备的工艺设计和选型； | |
| ⑥ 车间布置设计； | |

通常，化学加工过程是将一种或几种化工原料，经过一系列物理的和化学的单元操作，最终获得产品。这一系列的单元操作必须在相应的单元设备内进行。用管道将这些单元设备连接起来，以便于物料从一个单元设备传送到另一个单元设备。为了便于对物料的控制，往往在设备和管道的相应位置安装一些测量、显示和控制元件。这些设备、连接设备的管路和相应的控制元件一起就组成了化工生产的工艺流程。

因此，在化工设计中，化工单元设备的设计是整个化工过程和装置设计的核心和基础，并贯穿于设计过程的始终。从这个意义上说，作为化工类及其相关专业的本科生乃至研究生，熟练地掌握常用化工单元设备的设计方法无疑是十分重要的。

1.1.3 化工原理课程设计的基本要求及基本内容

化工原理课程设计的对象是化工单元操作设备的工艺设计，它是化工工艺设计的主体和重要组成部分，本书作为化工原理课程设计教材，旨在加强对化工类及其相关专业学生综合应用本门课程和有关先修课程所学知识进行实践能力的培养，注重提高学生分析与解决工程实际问题的能力。同时，培养学生树立正确的设计思想和实事求是、严谨负责的工作作风。

(1) 化工原理课程设计的基本要求

通过化工原理课程设计，要求学生应在下面几个方面得到较好的培养和训练。

① 培养和锻炼学生查阅资料、收集数据和选用公式的能力。通常，设计任务书给出后，有许多物料的理化参数需要设计者去查阅、收集和整理，有些物性参数特别是混合物的物性参数直接查取比较困难，常常需要估算，计算公式也要由设计者自行选用。这就要求设计者运用各方面的知识，详细而全面地考虑后再确定。

② 培养和锻炼学生正确选择设计参数的能力。树立从技术上可行、经济上合理和生产上安全等方面考虑工程问题的观点，同时还须考虑到操作维修方便和环境保护的要求，亦即对于课程设计不仅要求计算正确，还应从工程的角度综合考虑各种因素，从总体上得到最佳结果。

③ 不仅正确而且迅速地进行工程计算。设计计算常常是一个需要反复试算的过程，计算的工作量很大，因此应反复强调“正确”与“迅速”。

④ 掌握化工原理课程设计的基本程序和方法。学会用简洁的文字和适当的图表表达自己的设计思想。

(2) 化工原理课程设计的基本内容

化工原理课程设计应包括如下基本内容。

① 设计方案简介 对给定、选定或自行组织的工艺流程、主要设备的型式进行简要的论述。

② 工艺设计计算 选定工艺参数，进行物料衡算、能量衡算和单元设备的工艺结构计算，绘制相应的工艺流程图，标出物流量、能流量及主要测控点。

③ 辅助设备设计与选型 典型辅助设备主要工艺尺寸的计算、设备型号规格的选定等。

④ 带控制点的工艺流程图 以单线图的形式绘制，标出主体设备和辅助设备的物料流向、物流量、能流量及主要测控点。

⑤ 主体设备设计工艺条件图 主体设备设计工艺条件图上应包括设备的主要工艺结构尺寸、技术特性表和接管表。

⑥ 设计说明书的编写 设计说明书的内容应包括：设计任务书，目录，设计方案简介，工艺计算及主要设备设计，工艺流程图和主要设备的工艺条件图，辅助设备的计算和选型，设计结果汇总，设计评述，参考资料等。

整个课程设计主要由文字论述、工艺计算和设计图表三部分组成。论述应该条理清晰、观点明确；计算力求方法正确，误差控制在工程设计允许的范围之内，计算公式和所用数据必须注明出处；图表应能既简明又准确地表达设计和计算的结果。

1.2 化工生产工艺流程设计

化工生产工艺流程设计各个阶段的设计成果都是用各种工艺流程图纸和表格表达出来的，按照设计阶段的不同，先后有方框流程图、工艺流程草（简）图、工艺物料流程图、带控制点的工艺流程图和管道仪表流程图等。方框流程图是在工艺路线选定后对工艺流程进行概念性设计时完成的一种流程图，不编入设计文件；工艺流程草（简）图是一种半图解式的工艺流程图，它实际上只是方框流程图的一种变体或深入，只带有示意的性质，供设计计算时使用，也不列入设计文件中；工艺物料流程图和带控制点的工艺流程图应列入初步设计阶段的设计文件中；管道仪表流程图则应列入施工图设计阶段的设计文件中。

本节先介绍流程图的图形符号、标注方法等规定，然后介绍作为设计文件的工艺物料流程图（PFD, process flow diagram）、带控制点的工艺流程图（PCD, process and control diagram）和管道仪表流程图（PID, piping and instrument diagram）。

1.2.1 工艺流程图中常见的图形符号

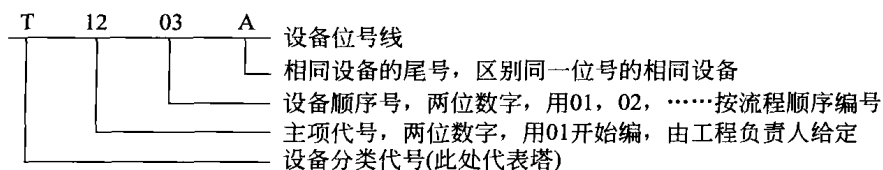
1.2.1.1 常见设备图形符号

工艺流程图中，常用细实线画出设备的简略外形和内部特征。目前，很多设备的图形已有统一的规定，其图例可参见表 1-1。

工艺流程图上应标注设备的位号及名称。

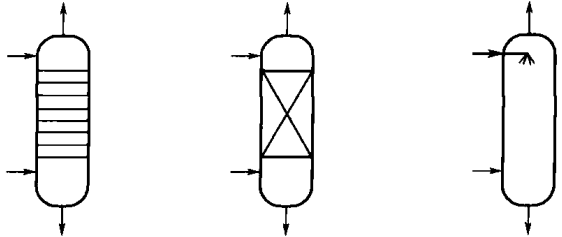
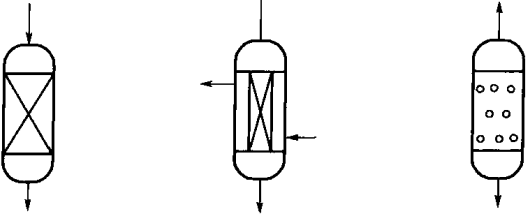
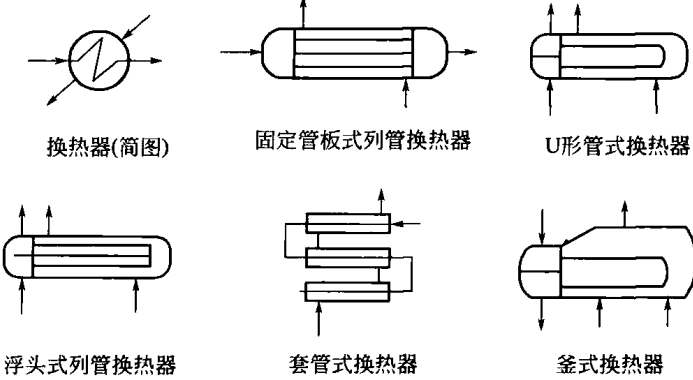
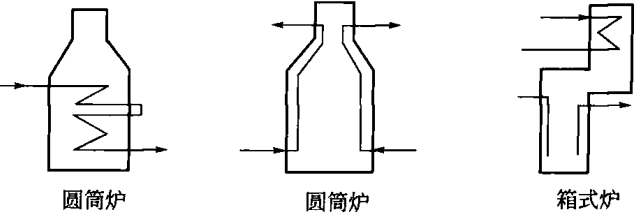
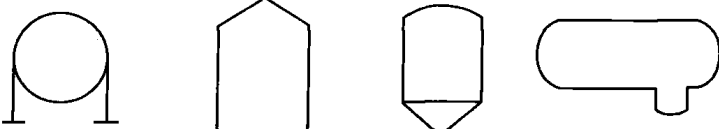
(1) 标注的内容

设备位号标注的内容如下：



第一个字母是设备分类代号，用设备名称英文单词的第一个字母表示，各类设备的分类代号见表 1-2。在设备分类代号之后是设备编号，一般用四位数字组成，第 1、2 位数字是设备所在的工段（或车间）代号，第 3、4 位数字是设备的顺序编号。例如设备位号 T1218 表示第 12 车间（或工段）的第 18 号塔。设备位号在整个系统内不得重复，且在所有工艺图上设备位号均需一致，如有数台相同设备，则在其后加大写英文字母，例如 T1218A。

表 1-1 工艺流程图中装备、机器图例摘录 (HG/T 20519--2009)

类别	代号	图 例
塔	T	 <p>板式塔 填料塔 喷洒塔</p>
反应器	R	 <p>固定床反应器 列管式反应器 流化床反应器</p>
换热器	E	 <p>换热器(简图) 固定管板式列管换热器 U形管式换热器</p> <p>浮头式列管换热器 套管式换热器 釜式换热器</p>
工业炉	F	 <p>圆筒炉 圆筒炉 箱式炉</p>
容器	V	 <p>球罐 锥顶罐 圆顶锥底容器 卧式容器</p>

续表

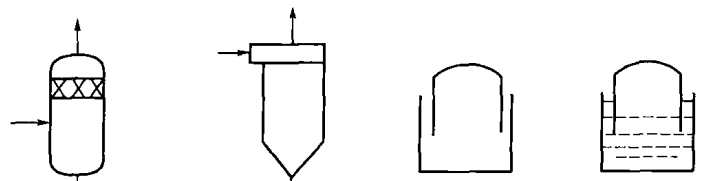
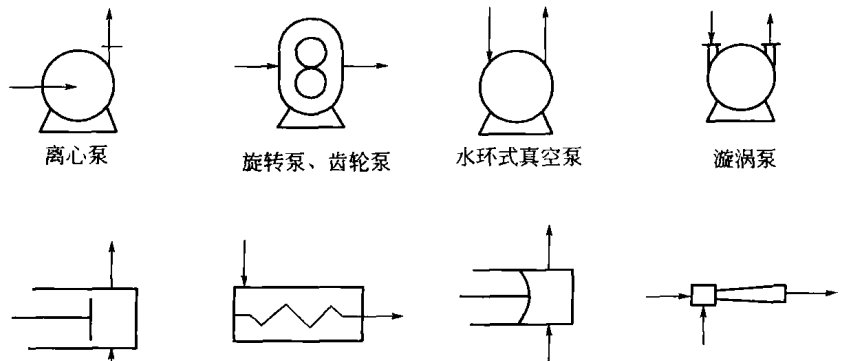
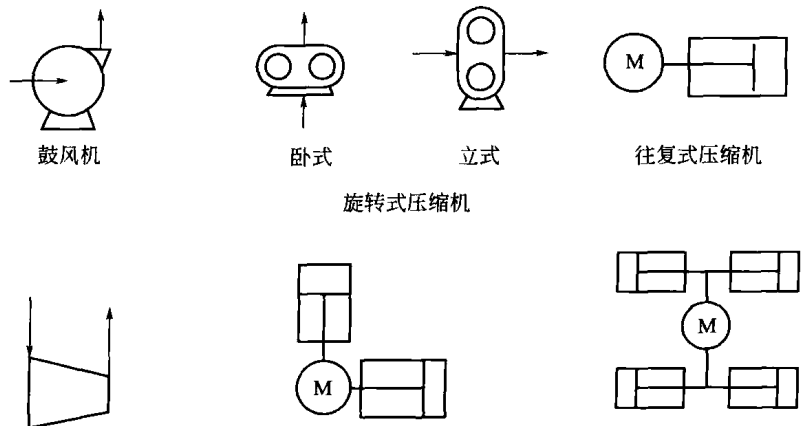
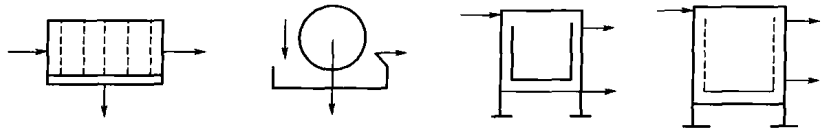
类别	代号	图 例
容器	V	 <p>丝网除沫分离器 旋风分离器 干式气柜 湿式气柜</p>
泵	P	 <p>离心泵 旋转泵、齿轮泵 水环式真空泵 漩涡泵</p> <p>往复泵 螺杆泵 隔膜泵 喷射泵</p>
压缩机	C	 <p>鼓风机 卧式 立式 往复式压缩机</p> <p>旋转式压缩机</p> <p>离心式压缩机 二段往复式压缩机(L形) 四段往复式压缩机</p>
其他机械	M	 <p>压滤机 转鼓式(转盘式)过滤机 无孔壳体离心机 有孔壳体离心机</p>

表 1-2 设备分类代号

设备类别	代号	设备类别	代号	设备类别	代号
塔	T	反应器	R	起重运输设备	L
泵	P	工业炉	F	计量设备	W
压缩机、风机	C	火炬、烟囱	S	其他机械	M
换热器	E	容器(槽、罐)	V	其他设备	X

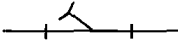
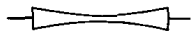

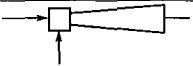





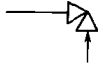
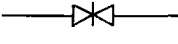

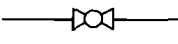

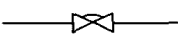




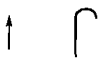

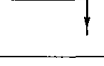

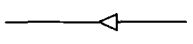

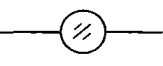
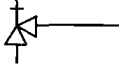
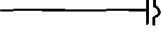
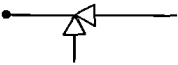
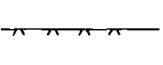
(2) 标注的方法

设备位号应在两个地方进行标注，一是在图上方或下方，标注的位号排列要整齐，尽可能排在相应设备的正上方或正下方，并在设备位号线下方标注设备的名称。二是在设备内或其近旁，此处仅注位号，不注名称。但对于流程简单、设备较少的流程图，也可直接从设备上用细实线引出，标注设备号。

1.2.1.2 常用管件和阀门图形符号

常用管件和阀件图形符号见表 1-3。

表 1-3 常用管件和阀件图形符号摘录 (HG/T 20519—2009)

名称	图例	名称	图例
Y形过滤器		文氏管	
T形过滤器		喷射器	
锥形过滤器		截止阀	
阻火器		节流阀	
消音器		角阀	
闸阀		止回阀	
球阀		直流截式阀	
隔膜阀		底阀	
蝶阀		疏水阀	
减压阀		放空管	
旋塞阀		敞口漏斗	
三通旋塞阀		同心异径管	
四通旋塞阀		视镜	
弹簧式安全阀		爆破膜	
杠杆式安全阀		喷淋管	

1.2.1.3 常用仪表参量代号、仪表功能代号及仪表图形符号

仪表参量代号见表 1-4, 仪表功能代号见表 1-5, 仪表图形符号见表 1-6, 常用流量检测仪表和检出元件的图形符号见表 1-7, 仪表安装位置的图形符号见表 1-8。图中圆圈直径为 10mm, 用细实线绘制。

表 1-4 仪表参量代号

参量	代号	参量	代号	参量	代号
温度	T	质量(重量)	m(W)	厚度	δ
温差	ΔT	转速	N	频率	f
压力(或真空)	P	浓度	C	位移	S
压差	ΔP	密度(相对密度)	γ	长度	L
质量(或体积)流量	G	分析	A	热量	Q
液位(或料位)	H	湿度	Φ	氢离子浓度 ^①	pH

①氢离子浓度通常以它的负对数 pH 来表示。

表 1-5 仪表功能代号

功能	代号	功能	代号	功能	代号
指示	Z	积算	S	联锁	L
记录	J	信号	X	变送	B
调节	T	手动遥控	K		

表 1-6 仪表图形代号

符号												
意义	就地安装	集中安装	通用执行机构	无弹簧气动阀	有弹簧气动阀	带定位器	活塞执行机构	电磁执行机构	电动执行机构	变送器	转子流量计	孔板流量计

表 1-7 常用流量检测仪表和检出元件的图形符号

序号	名称	图形符号	备注	序号	名称	图形符号	备注
1	孔板			4	转子流量计		圆圈内应标注仪表位号
2	文丘里管及喷嘴			5	其他嵌在管道中的检测仪表		圆圈内应标注仪表位号
3	无孔板取压接头			6	热电偶		

表 1-8 仪表安装位置的图形符号

序号	安装位置	图形符号	备注	序号	安装位置	图形符号	备注
1	就地安装仪表			3	就地仪表盘面安装仪表		
			嵌在管道中			4	集中仪表盘后安装仪表
2	集中仪表盘面安装仪表			5	就地安装仪表盘后安装仪表		

1.2.1.4 物料代号

流程图中常见物料的代号见表 1-9。

表 1-9 常见物料代号

物料代号	物料名称	物料代号	物料名称	物料代号	物料名称	物料代号	物料名称
一	工艺物料代号	二	辅助公用工程代号	二	辅助公用工程代号	二	辅助公用工程代号
PA	工艺空气	MS	中压蒸汽(饱和或微过热)	FL	液体燃料	RWR	冷冻盐水回水
PG	工艺气体	MUS	中压蒸汽过热蒸汽	FS	固体燃料	RWS	冷冻盐水上水
PGL	气液两相流工艺物料	SC	蒸汽冷凝水	NG	天然气	DR	排液、导淋
PGS	气固两相流工艺物料	TS	伴热蒸汽	D \bar{O}	污油	FSL	溶盐
PL	工艺液体	BW	锅炉给水	F \bar{O}	燃料油	FV	火炬排放气
PLS	液固两相流工艺物料	CSW	化学污水	G \bar{O}	填料油	H	氢
PS	工艺固体	CWR	循环冷却水回水	L \bar{O}	润滑油	H \bar{O}	加热油
PW	工艺水	CWS	循环冷却水上水	R \bar{O}	原油	TG	惰性气
二	辅助公用工程代号	DNW	脱盐水	S \bar{O}	密封油	N	氮
AR	空气	DW	饮用水、生活用水	AG	气氨	\bar{O}	氧
CA	压缩空气	FW	消防水	AL	液氨	SL	泥浆
IA	仪表空气	HWR	热水回水	ERG	气体乙烯或乙烷	VE	真空排放气
HS	高压蒸汽(饱和或微过热)	HWS	热水上水	ERL	液体乙烯或乙烷	VT	放空
HUS	高压过热蒸汽	RW	原水、新鲜水	FRG	氟里昂气体	三	其他
LS	低压蒸汽(饱和或微过热)	SW	软水	FRL	氟里昂液体	CG	转化气
LUS	低压过热蒸汽	WW	生产废水	PRG	气体丙烯或丙烷	SG	合成气
		FG	燃料气	PRL	液体丙烯或丙烷	TG	尾气

注：物料代号中如遇到英文字母“O”应写成“ \bar{O} ”，在工程设计中遇到本规定以外的物料时，可予补充代号，但不得与上列代号相同。

1.2.1.5 工艺流程图中图线宽度的规定

工艺流程图中图线宽度的规定见表 1-10。

表 1-10 工艺流程图中图线宽度的规定

类别	图形线宽/mm		
	0.9~1.2	0.5~0.7	0.15~0.3
带控制点工艺流程图	主物料管道	辅助物料管道	其他
辅助物料管道系统图	辅助物料管道总管	支管	其他

1.2.2 工艺流程设计

1.2.2.1 方框流程图和生产工艺流程草图

为便于进行物料衡算、能量衡算及有关设备的工艺计算，在设计的最初阶段，首先要绘制方框流程图（BFD），定性地标出物料由原料转化为产品的过程、流向以及所采用的各种化工过程及设备。

方框流程图和生产工艺流程草图仅供设计者使用，不列入设计文件中。

1.2.2.2 工艺物料流程图

在完成物热衡算后便可绘制工艺物料流程图（PFD），它是以图形与表格相结合的形式来表达物热衡算的结果，从而使设计流程定量化。物料流程图简称物流图（实际上包括物流与能流，因为物流本身具有能量流），它是初步设计阶段的主要设计成品，提交设计主管部门和投资决策者审查，如无变化，在施工图设计阶段则不必重新绘制。

由于物流图标注了物料衡算和热量衡算的结果数据，所以它除了为设计审查提供资料外，还可用作日后生产操作和技术改造的参考资料，因而是非常有用的设计档案资料。

因为在绘制物料流程图时尚未进行设备设计，所以物料流程图中设备的外形不必精确，

常采用标准规定的设备表示方法简化绘制,有的设备甚至简化为符号形式。设备的大小不要严格要求按比例绘制,但外形轮廓应尽量做到按相对比例绘出。

物料流程图中最关键的部分是物流表,它是人们读图时最为关心的内容。物流表包括物料名称、质量流量、质量分数、摩尔流量和摩尔分数,有些物流表中还列出物料的某些参数(如温度、压力、密度等)。

热量衡算的结果除了可在物流图中的物流表内列出外,通常是在相应的设备位置附近表示,如在换热器旁注明其热负荷(详见图1-1)。

物料流程图作为初步设计阶段的主要设计成品,其作用如下:①作为下一步设计的依据;②为接受审查提供资料;③可供日后操作参考。

图1-1是物料流程图的一个示例。

1.2.2.3 带控制点的工艺流程图

在初步设计阶段,除了完成工艺计算、确定工艺流程外,还应确定主要工艺参数的控制方案,所以初步设计阶段在提交物料流程图的同时,还要提交带控制点的工艺流程图(PCD)。在画工艺流程图时,工艺物料管道用粗实线,辅助物料管道用中粗线,其他用细实线。图纸和表格中的所有文字均采用长仿宋体。

在带控制点的工艺流程图中,一般应画出所有工艺设备、工艺物料管线、辅助管线、阀门、管件以及工艺参数(温度、压力、流量、物位、pH值等)的测量点,并表示出自动控制的方案。它是由工艺专业人员和自控专业人员共同合作完成的。

借助带控制点的工艺流程图,可以比较清楚地了解设计的全貌。带控制点的工艺流程图应包括如下内容。

(1) 物料流程

物料流程包括:

① 设备示意图,大致依设备外形尺寸按比例画出,标明设备的主要管口,适当考虑设备合理的相对位置;

② 设备流程号;

③ 物料与动力(水、汽、真空、压缩机、冷冻盐水等)管线及流向(用箭头线表示);

④ 管线上的主要阀门、设备及管道的必要附件,如疏水器、管道过滤器、阻火器等;

⑤ 必要的计量、控制仪表,如流量计、液位计、压力表、真空表及其他测量仪表等;

⑥ 简要的文字注释,如冷却水、加热蒸汽来源、热水及半成品去向等。

(2) 图例

图例是将物料流程图中画的有关管线、阀门、设备附件、计量-控制仪表等图形用文字予以说明。

(3) 图签

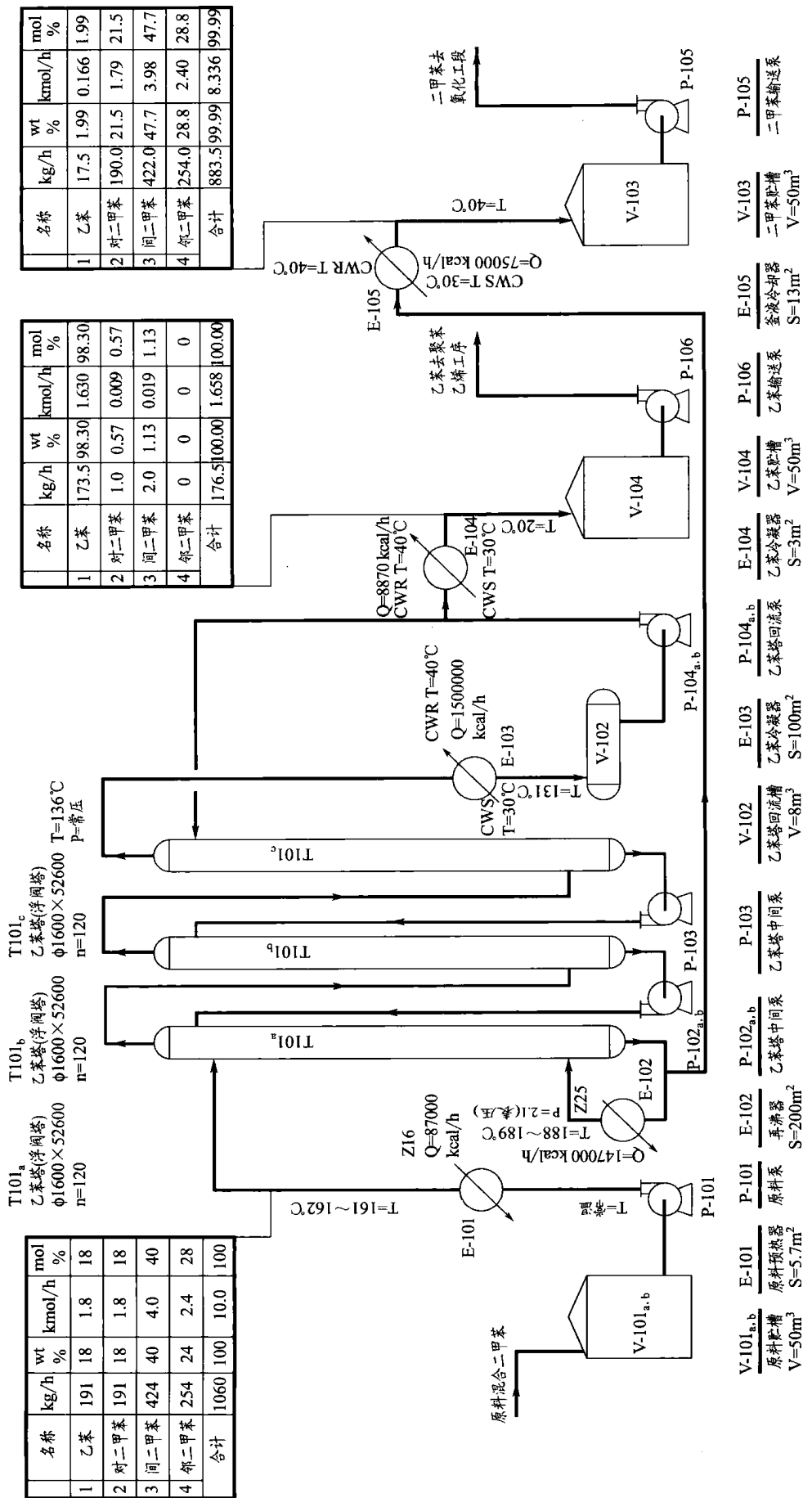
图签是写出图名、设计单位、设计人员、制图人员、审核人员(签名)、图纸比例尺、图号等项内容的一份表格,其位置在流程图的右下角。

图1-2是一个带控制点的工艺流程图示例。

1.2.2.4 管道仪表流程图

管道仪表流程图(PID)是化工装置工程设计中最重要的图纸之一,一般在施工图设计阶段完成,是该设计阶段的主要设计成品之一,它反映的是工艺流程设计、设备设计、管道布置设计、自控仪表设计的综合成果。

管道仪表流程图要求画出全部设备、全部工艺物料管线和辅助管线,还包括在工艺流程设计时考虑为开车、停车、事故、维修、取样、备用、再生所设置的管线以及全部的阀门、管件等,还要详细标注所有的测量、调节和控制器的安装位置和功能代号。因此,它是指导



名称	kg/h	wt %	kmol/h	mol %
1 乙苯	191	18	1.8	18
2 对二甲苯	191	18	1.8	18
3 间二甲苯	424	40	4.0	40
4 邻二甲苯	254	24	2.4	28
合计	1060	100	10.0	100

T101_a 乙苯塔(浮阀塔) φ1600×52600 n=120
 T101_b 乙苯塔(浮阀塔) φ1600×52600 n=120
 T101_c 乙苯塔(浮阀塔) φ1600×52600 T=136℃ P=常压

名称	kg/h	wt %	kmol/h	mol %
1 乙苯	173.5	98.30	1.630	98.30
2 对二甲苯	1.0	0.57	0.009	0.57
3 间二甲苯	2.0	1.13	0.019	1.13
4 邻二甲苯	0	0	0	0
合计	176.5	100.00	1.658	100.00

名称	kg/h	wt %	kmol/h	mol %
1 乙苯	17.5	1.99	0.166	1.99
2 对二甲苯	190.0	21.5	1.79	21.5
3 间二甲苯	422.0	47.7	3.98	47.7
4 邻二甲苯	254.0	28.8	2.40	28.8
合计	883.5	99.99	8.336	99.99

- V-101_{a,b} 原料贮槽 V=50m³
- E-101 原料预热器 S=5.7m²
- P-101 原料泵
- E-102 再沸器 S=200m²
- P-102_{a,b} 乙苯塔中间泵
- P-103 乙苯塔中间泵
- V-102 乙苯塔回流槽 V=8m³
- E-103 乙苯冷凝器 S=100m²
- P-104_{a,b} 乙苯塔回流泵
- E-104 乙苯冷凝器 S=3m²
- V-104 乙苯贮槽 V=50m³
- P-106 乙苯输送泵
- E-105 釜液冷却器 S=13m²
- V-103 二甲苯贮槽 V=50m³
- P-105 二甲苯输送泵

图 1-1 物料流程图示例