

炸药工艺设计

叶毓鹏 主编

国防工业出版社

炸药工艺设计

叶毓鹏 主编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书较系统地介绍了炸药工艺设计的基本内容,结合实例详细叙述了各种化工类型的物料衡算和能量衡算的方法与步骤,讲述了三种典型炸药的工艺设计,以达到使学生能运用设计原理和方法实现管理和改进生产及参与设计新生产线的目的。

本书为大专院校炸药及有机化工专业的教科书,也可供从事一般化工和有关专业的工程技术人员、科研人员参考。

炸 药 工 艺 设 计

叶毓鹏 主编

*

国防工业出版社 出版、发行

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张21 486千字

1988年11月第一版 1988年11月第一次印刷 印数: 0,001—1,180册

ISBN 7-118-00345-X/TJ24 定价: 4.15元



前 言

本书是根据炸药及有机化工专业教学大纲的要求编写的。要求学生通过学习,了解化工工艺设计的主要内容,熟练掌握化工的物料衡算、能量衡算和设备计算的基本方法、有绘制流程图、设备图和车间布置图的初步能力,并能参与专业工艺设计的一般工作。

在编写过程中,注重加强通用性。通过实例详细介绍了各种化工类型的物料衡算和能量衡算的步骤与方法,引入判断复杂化工过程的衡算能否求解的自由度概念,并从化工手册收集了 468 种理想气体热容方程系数和生成热经 SI 单位制换算后的数据,可供一般化工计算应用。通过三种单体炸药的典型设计,又体现了一般的设计原则在专业上的应用与发展。书中有关章节附有习题,供学生思考与练习。从而使学生毕业后具有较宽的知识面和适应性,有利于为社会主义建设服务。

全书教学总时数为 70 学时,其中课内讲授 50 学时,习题课 4 学时,自学及大型作业 16 学时。学生学完本课程后,应立即去工厂实习,收集资料,为毕业设计作好准备。

本书可作为大专院校有关专业的教材,也可供从事一般化工工艺与火化工厂的工程技术人员参考。

编写分工如下:第一章至第六章和附录一由叶毓鹏编写;第七与第八章由戴隆泽、尹世英编写;第九章由程景才编写;第十章由郭建文编写。全书由叶毓鹏主编,孙荣康同志担任主审,孙业斌、欧育湘、张熙和、刘荣海、陈忠义参与了审稿工作,并提出了宝贵意见,兵工教材编审室孙业斌对全书结构、内容作了编审工作,尹世英为本书的编写提供了大量素材和参考资料,在此表示衷心感谢。

因水平所限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

一九八七年五月

目 录

第一章 绪论	1
一、化工工艺过程的特点	1
1. 化工生产的共性	1
2. 化工过程的组成	2
二、化工设计	2
1. 化工设计的四个阶段	2
2. 工艺设计的主要内容	3
三、调查研究	3
1. 工艺方法调查	4
2. 选择厂址的调查	4
参考文献	5
第二章 工艺流程设计	6
一、选择生产方法和工艺流程	6
1. 收集资料	6
2. 选择工艺路线	6
二、工艺流程设计	7
1. 流程设计的三个阶段	8
2. 生产工艺流程图的组成	9
三、工艺流程设计方法和注意事项	10
1. 工艺流程设计方法	10
2. 注意事项	11
参考文献	11
第三章 物料衡算	12
一、稳态过程的物料衡算	12
1. 稳态过程的衡算公式	12
2. 稳态过程的衡算原则	13
二、物料衡算的方法与步骤	13
1. 收集数据资料	13
2. 画出流程示意图	13
3. 写出主副化学反应式和热效应	13
4. 注明计算任务	13
5. 基准及其选择	14
6. 开展计算	14
7. 物料衡算表	14
8. 绘制物料流程图	14
三、物料衡算的一般分析	14
1. 物料衡算的自由度分析	15
2. 精馏塔的物料衡算	15
3. 萃取的物料衡算	16
四、有化学反应过程的物料衡算	18

1. 直接计算法	18
2. 包括几个反应的物料衡算	19
3. 利用反应速率进行物料衡算	21
4. 用联系组分作物料衡算	23
5. 有化学反应循环过程的物料衡算	26
6. 有旁路的物料衡算	28
7. 有排放物料的衡算	28
习题	30
参考文献	30
第四章 能量衡算	31
一、概述	31
二、基本概念	31
三、能量平衡方程	34
1. 能量平衡式	34
2. 能量平衡方程的一般形式	34
3. 能量平衡方程的应用	35
4. 无化学反应能量平衡的自由度分析	37
四、热平衡方程	41
1. Q_1 和 Q_4 的计算	41
2. 潜热的计算	43
3. Q_5 和 Q_6 的计算	44
4. 化学反应过程热效应的计算	44
5. 加热剂和冷却剂用量的计算	48
五、有化学反应过程的能量衡算	49
1. 有单个化学反应的能量平衡	49
2. 有多个化学反应的能量平衡	57
3. 绝热反应过程的能量平衡	61
4. 能量衡算的自由度分析	62
习题	71
参考文献	72
第五章 工艺设备选择、车间布置 及管道设计原则	73
一、设备的工艺设计及选择	73
1. 泵的选择	73
2. 换热器设计	74
3. 反应器选型与设计	76
二、车间布置设计	79
1. 概述	79
2. 车间布置设计原则	79
3. 车间布置的步骤和方法	87

三、化工管道设计	90
1. 管道设计的内容与方法	90
2. 典型设备的管道布置	92
3. 管道的热膨胀及其补偿	93
4. 管道布置图	94
参考文献	96
第六章 非工艺项目设计	97
一、建筑设计	97
二、卫生工程设计	98
1. 供水	98
2. 消防	100
3. 采暖通风	100
三、电气设计	103
1. 动力电	103
2. 照明	103
3. 避雷与接地	104
4. 弱电	104
四、自动控制设计	105
1. 对自控的要求	105
2. 需要提供给自动控制的资料	105
3. 工艺及自控分工	106
4. 采用电子计算机控制生产	106
五、设备机械设计	106
六、总图	106
1. 车间工房划分原则及车间组成	106
2. 工房与周围建筑物的距离	107
3. 工艺对工房总体布置的要求	107
4. 成品库的要求	107
5. 总图设计的原始资料	108
七、生产组织与管理	108
1. 生产管理	108
2. 生产组织	109
参考文献	109
第七章 梯恩梯车间流程设计及工艺 计算	110
一、工艺流程及其条件的选择	110
1. 梯恩梯生产的主要工艺流程	110
2. 选择工艺流程的基本原则	115
3. 硝化工艺的选择	117
4. 精制工艺的选择	123
二、物料衡算	124
1. 没有化学反应的物料衡算	124
2. 有化学反应的物料衡算及工程术语	127
3. 设计中的物料计算	153
4. 主要原材料消耗量	162
5. 物料衡算结果	162
三、热量衡算	165

1. 过程的热效应	165
2. 梯恩梯生产线主要工序的热量衡算	169
参考文献	177

第八章 梯恩梯车间设备设计及 选型	178
一、设备的设计	178
1. 主要设备的工艺要求	178
2. 硝化机的设计与计算	181
3. 精制机的设计与说明	208
4. 喷射器设计	209
5. 干燥器的设计	213
6. 制片机的设计	219
二、三废处理	219
1. 废酸的处理	220
2. 废水的处理	223
3. 硝烟吸收	227
4. 废药处理	228
三、安全措施	228
1. 甲苯贮存输送的安全技术	228
2. 硝化的安全技术	229
3. 精制的安全技术	231
4. 干燥、制片、包装的安全技术	232
5. 停产检修的安全措施	234
参考文献	234

第九章 黑索今生产车间工艺 设计	235
一、设计任务	235
二、生产方法的选择与工艺流程设计	236
1. 生产方法选择	236
2. 生产工艺流程设计	236
3. 原材料的规格要求	243
三、物料衡算	245
1. 生产能力计算	245
2. 硝化工序	246
3. 氧化结晶工序	247
四、热量衡算	249
1. 硝解工序	249
2. 氧化结晶工序	251
五、设备的设计与选择	252
1. 硝化机设计	252
2. 成熟硝化机选择	261
3. 氧化结晶机设计	261
4. 冷却机选择	273
5. 连续真空过滤机及辅助设备的选择	275
6. 煮洗机的选择	279
7. 热风干燥器的选择	280
习题	282

参考文献	282
第十章 太安车间工艺设计	283
一、引言	283
二、设计任务	283
三、生产工艺路线的选择	284
1. 太安生产工艺路线的选择	284
2. 太安直接酯化工艺流程简述	284
3. 工艺流程图	285
4. 太安酯化工艺条件的选择	286
5. 溶解结晶及工艺条件的选择	289
6. 原材料质量标准	291
四、物料衡算	294
1. 生产能力的计算	294
2. 物料衡算	294
五、热量衡算	302
1. 酯化机热量衡算	302
2. 稀释机热量衡算	303

3. 过滤机热量衡算	304
4. 溶解机热量衡算	305
5. 结晶机热量衡算	307
6. 蒸馏塔热量衡算	308
7. 吸收塔热量计算	309
8. 真空干燥柜热量计算	309
六、设备设计与选择	310
1. 结晶机容积计算	310
2. 结晶机高、径的选择	311
3. 夹套的直径及高的确定	312
4. 结晶机传热面积的估算	313
5. 搅拌器的设计	313
6. 结晶机安全放料阀口径计算	314
参考文献	316
附录 常用物质的物性和热力学	
数据	317

第一章 绪 论

化学工业包含的内容极为广泛，是国民经济重要的组成部分。它可以按照原材料资源、产品吨位和用途进行分类，但多数都采用习惯分类法，将其分为无机化学工业和有机化学工业。无机化学工业包括基本无机化学工业、精细无机化学工业、电化学工业、硅酸盐工业、矿物涂料及颜料工业等。有机化学工业包括基本有机合成、精细有机合成、中间体及染料、高分子化合物、燃料化学加工、食品以及其它有机化学工业等。

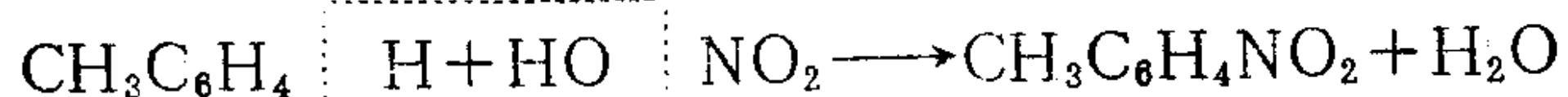
化学工业在国民经济中占有十分重要的地位，它对促进科学技术的发展和人民生活水平的提高起着极其重要的作用。如发展化肥工业能促进农业生产；有机中间体可用于制造医药、农药、炸药和合成材料；火箭燃料能用于人造卫星等尖端科学事业。化学工业在为农业、轻工业、重工业和国防科学技术现代化的服务中日益显示出它的作用。今后必将在逐步采用新工艺、新技术，进一步综合利用资源、降低成本、加强管理的技术革命中获得更大的发展。

一、化工工艺过程的特点

1. 化工生产的共性

各种不同类型的化工生产，除有不同的化学反应过程外，都具有原材料供应、制造工艺、产品的贮存、运输和销售以及动力和公用工程等方面的共同特性。

化工厂的原料是指生产化工产品的起始物质，其特点是原料的部分或全部原子转化为产品分子。例如由硫和氧燃烧生成二氧化硫的反应是原料硫与氧全部原子转为产品分子的过程；而将甲苯置于硝酸中硝化得到一硝基甲苯的反应，则是原料甲苯与硝酸的部分原子转为产品分子的过程，即



当由两种以上原料制造某种产品时，将提供产品分子结构的主体分子称为主要原料，如上述反应中甲苯是生成一硝基甲苯的主要原料。此外原料和产品的位置还可以互换，如乌洛托品是一般化工厂由氨和甲醛合成的产品，但它又是炸药厂中制取黑索今的主要原料。

化工厂生产除原料外，还需消耗各种材料，如制造梯恩梯时所用硝硫混酸中的硫酸，奥克托今重结晶时所用丙酮和二甲基亚砷等均属于不进入产品分子的材料。另外还将用于化工设备的金属或合金及非金属的玻璃、陶磁、塑料等材料称为设备材料。

化工厂的产品是指由原料生成的最终目的产物，并以一定形式包装出售的物品。某一套化工装置可以同时生产两种以上主要产品时，则称其为联产品，这在一般的有机化工中经常出现，如以苯和丙烯为原料，采用异丙苯氧化法，可在同一装置中生产出苯酚和丙酮两种产品。但在炸药生产中却很少见。若在生产主要产品的同时，也生产有一定价值的次要产品，称为副产品。如处理 TNT 碱性废水时，可获得有价值的 Na_2S 副产

品。另外在获取产品前,有时先得到某种阶段产物,称为半成品。如工业二硝基甲苯是生产梯恩梯的半成品,又可作增塑剂用于混合炸药和硝化甘油火药。继续加工,则得到最终产品军用梯恩梯。

化工厂的生产装置及辅助设备消耗的主要动力是热能和机械能,这些能量由动力车间供应的燃料、水蒸汽和电力提供。

公用工程是指化工生产各车间都需要的设施,包括水、电、汽、盐水、空气、 N_2 的供应,保证全厂的加热、冷却、动力、采暖、通风及照明等。

2. 化工过程的组成

任何化工工艺过程,无论如何复杂,均由若干过程单元组合而成。所谓过程单元,是指一个设备或某个化工过程的一部分,当物料通过时,能完成某种物理的或化学的变化或同时完成两种变化。多数的过程单元包括几项单元操作,而一般单元操作包括流体的流动与输送、搅拌、传热、冷却、沉降、结晶、干燥、冷凝、蒸发、精馏、吸收、吸附、萃取、冷冻、粉碎、筛析以及各类化学反应等。由若干设备以一定方式组合成一套生产装置,构成一个工段或车间,使物料沿一定路线,经过这些单元设备完成各种变化,最后得到目的产物,这就是化工工艺流程。

二、化 工 设 计

化工设计是政治、经济、技术三者密切结合综合性很强的一门科学。它必须从我国社会主义建设的实际需要和可能出发,在确定工艺路线、生产方法、设备类型时,必须考虑国情,遵循国家有关方针政策和规范;必须有效地利用资源、充分重视经济效益,尽量采用先进科学技术,以达到技术上先进,经济上合理,安全上可靠的要求。

化工厂总体或车间设计都是由工艺设计及其它非工艺设计所组成的。化工设计包括的内容很广,是由工艺、机械、自控、电气、运输、土建、采暖通风、给排水、三废处理及技术经济等多种专业紧密配合的综合性工作。工艺设计决定着整个设计的概貌,在化工设计中起着核心及组织协调各专业设计工作的主导作用。所以要求具有较高技术水平和丰富实践经验的工艺工程师担任组织领导,并配备一定数量的各专业工程师作助手,统筹安排、磋商解决设计中的各类矛盾。

1. 化工设计的四个阶段

根据工程的重要性和技术的复杂性,一般可将化工设计分为四个阶段。

(1) 编制设计任务书

其任务是确定建厂地区、规模、投资、速度、原材料、动力和燃料供应、协作关系及设计分工等。

(2) 初步设计和总概算

工艺设计的初步设计文件应包括:概述、设计依据、指导思想、车间概况、设计范围、年工作日、生产方式、生产班组、原材料及成品规格、生产流程简述、主要操作条件、主要设备计算及选择、总定员、生产控制分析、自动化仪表、设备表、材料表、物料量流程图、工艺流程图、设备布置图、关键设备总图、环境保护及存在问题等。

总概算属技术经济设计,它包括筹建、安装以及试车投产的全部投资费用。通过概算分析,找出投资高低的原因。

(3) 施工图设计

其主要内容是在初步设计的基础上,完善流程图设计和车间布置设计,进而完成管道配置设计和设备、管道的保温及防腐设计。其详细文件应包括带控制点的工艺流程图、设备布置图、设备表、管路安装图、设备管口方位图及设备管道保温图等。

(4) 设计代表工作

设计代表的任务是参加基建现场的施工和安装,参加试车运转工作,直至达到设计所规定的各项指标要求。

有些单位将化工设计分为初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段;也有分为扩大初步设计和施工图设计两个阶段的。对于简单成熟的小型装置,则可直接进行施工图设计。

2. 工艺设计的主要内容

工艺设计是化工设计的核心部分,主要包括以下内容。

(1) 方案设计

在熟悉设计任务书、了解设计内容、方法与步骤和查阅收集资料的基础上,确定生产方法及生产流程,这是工艺设计的基础。目前,一般都借鉴有关设计,拟定流程方案,再进行定量计算,最后确定流程。

(2) 化工计算

它是工艺设计的中心环节,主要包括物料衡算、能量衡算、设备计算与选型等。在上述计算基础上,绘制物料流程图、主要设备总图和必要的部件图,以及带控制点的工艺流程图。

(3) 车间布置设计

主要任务是确定整个工艺流程中的全部设备在平面和空间中的具体位置,相应地确定厂房或框架的结构形式。它将为土建、采暖、通风、电气、自控、给排水、外管等专业的设计提供依据。

(4) 化工管路设计

目的是要确定装置的全部管线,阀件、管件以及各种管架的位置,以满足工艺生产的要求。

(5) 非工艺项目设计

工艺设计人员应在各项工艺设计的基础上,向土建、电气、采暖、通风、给排水等各类专业人员提供设计条件,以满足全厂综合性指标的要求。

(6) 编制预算及设计说明书

预算书是在初步设计阶段编制的工程投资的概略计算,作为国家拨款的依据,主要包括工厂建筑、设备及安装工程费用等。

初步设计与施工图设计阶段完成后,都要编制设计文件,它是工厂施工、生产的依据。主要内容包括设计说明书、附图(流程图、布置图、设备图、配管图等)和附表(设备一览表、材料汇总表等)。

三、调查研究

实现化工厂生产,必须要经过规划阶段,即由设想到作出投资决定的阶段。规划阶

段的任务主要解决化工厂是否建设，建在何处和怎样建的问题。规划阶段可分为调查研究和投资经济评价阶段。调查研究工作是规划阶段的基础。主要包括市场、原料、工艺方法、规模和厂址选择等内容的调查。

1. 工艺方法调查

对于工艺人员尤其应注重工艺方法的调查。从技术方面应调查原材料及产品规格与物化性质，主副反应机理、工艺条件及原料杂质对反应的影响，归纳出各国文献确定的工艺条件、产品得率、反应器形式，对原料纯度、安全生产和设备材质的要求。根据以上调查，选择最佳的工艺方法，绘制工艺流程图，注明操作条件，初选生产规模，作出物料平衡，公用工程及动力消耗和主要设备一览表。从经济评价方面主要是评价工厂的投资费用和生产成本。生产成本大致由下列各类费用构成，见表 1-1。

表 1-1 构成生产成本的各类费用名称表

项目	因素	费用	内容摘要	项目	因素	费用	内容摘要
1	主要原材料	原料费		8	维修	维修费	润滑油、备品备件、修缮
2	辅助材料	辅助材料费	绝料、包装物	9	折旧	折旧费	设备投资折旧
3	动力	动力费	电、汽、压空等费用	10	利润	利润税收	工厂经营上交的利润、税收
4	燃料	燃料费	天然气、煤、重油等	11	保险	保险费	工厂有关的各种保险
5	工业用水	水费	生产用水、循环水、冷冻盐水	12	管理	管理费	经营与管理人員的费用
6	劳动力	劳动费	工资、劳保及有关费用	13	发展	产品开发	产品开发及新技术研究费
7	运输	运输费	原材料及产品运输费用				

生产成本与选择的工艺方法、工厂规模、原材料供应及劳动力多少有关。表中折旧和利润费用一般与基建费的多少有关。影响基建费用的因素较多，如与厂区自然条件、水质、水量、土壤、地基、地震、交通以及建筑材料等有关，所以要全面考虑，找出经济的方案。关于工业用水，最好要选择水温变化小，水源丰富或有廉价的地下水的地区建厂。在水源不足的地区要采用循环水，在气温高的地区需采用冷冻水，但会使投资费用增加。原料和产品的运输费用在生产成本中占有较大比例，故要求工厂要靠近原料产地和主要销售地区，并应与公路、铁路、港湾等交通设施配套，最好采用管线输送，以利降低运输费用。

工厂规模要根据市场要求、原材料供应、产品性能和运输条件来确定。一般地说，工厂规模越大，获取利润越高。

2. 选择厂址的调查

厂址选择是建厂中较重要的问题，应组织政治、经济、土木、建筑、化学工艺、机械、电气及环保等专家，在有经验的干部领导下认真进行选厂工作，以取得最好的

效果。

选厂工作要根据国家的布局 and 安排来考虑，一般应从以下几方面进行调查。

(1) 自然条件

主要调查气温、风向、风速、雨量、蒸发量、水温、水量、洪水、地震裂度、地震记录和台风等。

(2) 土木建筑

从地质方面要求调查地质断面、地耐力、地基下沉、地下水位、土壤、冻结深度、地区地形测量等。从道路方面要调查公路、铁路网的使用情况、通过能力、保养计划等。从建筑方面要求调查使用建材的规格，建工公司的施工能力及效果。三废情况应了解与周围工厂的关系。

(3) 电气

电气方面主要是调查电源、供电量、供电方式、费用及输配电设施。

(4) 机械

应调查本地区机械修理能力和费用，配管材料，保暖隔热涂装材料的供应和安装能力。

(5) 公用事业

了解工业用水、生活用水、水质、水温，可供水量和价格。燃料、煤气、液化气、重油、以及催化剂及化学药品等供应情况。

(6) 福利

包括住宅用地、生活用品、副食供应、文娱设施、交通、医院、学校、邮电、商店及银行等公共设施。

此外，还应遵循国家的环境保护法、道路法、土地开发法以及城市规划等法规。

在各项调查基础上，进行综合经济评价，这是规划阶段的核心。投资经济评价分为投资估算和成本估算两部分。投资费包括工艺与辅助设施的设备费、材料费、人工费和间接费等。而生产成本只包括原材料费、动力费、工资、设备折旧费和维修费等。

根据各种费用估算，建厂时间、工厂经济寿命，销售数量和价格预测、税率等诸因素综合考虑与平衡，即可对某项工程的投资经济效果作出评价。

应当指出，化工设计必须首先通过实验室的小试验研究，其结果能为过程开发提出一种“设想”，通过中试研究，对技术的可行性和经济的合理性进行考查后，方能进一步实现大型化生产的设计。

火炸药厂和一般的化工厂一样，设计中除考虑水、电、气及土建等公用工程，还应根据其易燃、易爆特点，妥善安排厂区的交通运输、总体布置、化验、维修、机加工、仓库、行政管理及福利等设施。如炸药产品的运输流向，不许回流交错，也不许通过厂行政和生活区。

参 考 文 献

- 〔1〕 于宏奇、单振业编：《化工工艺及计算》，中央广播电视大学出版社 1986年
- 〔2〕 泸州天然气化工厂尿素车间编：《尿素生产工艺》，石油化学工业出版社 1976年
- 〔3〕 吴洁南主编：《基本有机化工工艺学》，化学工业出版社 1979年
- 〔4〕 天津大学编：《基本有机合成工厂装备》，中国工业出版社 1961年

第二章 工艺流程设计

一、选择生产方法和工艺流程

1. 收集资料

车间工艺设计的对象各不相同，有的产品已经大规模生产，有些处于中间试验阶段，有些国内尚未试验和生产。为了顺利开展设计工作，必须收集该产品在国内外的各种生产方法的资料。生产方法就是工艺路线，它是决定设计质量的关键，将决定整个生产工艺能否达到技术先进、生产安全及经济合理的要求。因此必须对各种生产方法的技术经济和安全等方面进行比较后，从中选出切实可行的方法，在此基础上，再收集提供决策所需的资料，主要包括：

- 原料——指供应的可能性与价格因素；
- 产品——指市场价格和选用方法的生产费用；
- 期限——对产品需求的时间、要求及完成设计的时间；
- 副产品——有无使用价值，是否处理；
- 劳动力——估计所需人力及对文化程度的要求；
- 劳动保护——是否需要专门措施；
- 环境污染——三废和噪音的全部数据及解决办法；
- 能量——指水、电、汽的数量和供给的可能性；
- 经济性——指盈利多少；
- 技术风险——对采用新技术、新工艺的可靠性评价和估计；
- 安全性——对可能出现的危险隐患作出评价；
- 市场研究——对在经济上所担的风险作出评价；
- 专利问题——指是否与专利权有关。

决策时，应邀请有关专家对选定的生产方法进行讨论和修改，使确定的生产方法成为工艺设计的依据。

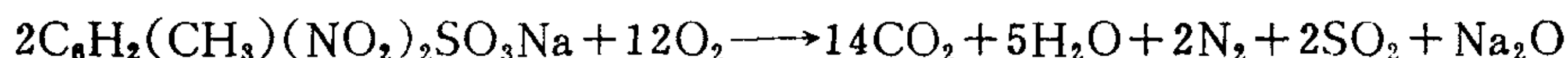
2. 选择工艺路线

在确定工艺路线时，首先应考虑产品性能是否能符合规格要求，生产工艺应尽量采用国内外先进生产装置和技术条件，选用的工艺路线必须易于实现工业化，技术水平和经济指标应当先进合理。

关于操作方式，当大规模生产时，一般应尽量采用连续化生产，这样在原材料质量稳定的前提下，具有产品质量均匀，能量合理利用、生产安全、利于实现自动化和集中控制等优点。但对于年产量小、更新快和工艺不太成熟的产品，则采用间歇操作灵活性较大的生产方式。如制药工业目前仍以间歇式操作为主。间歇操作的缺点是生产能力低、产品质量不够均匀，操作麻烦，不利于实现自动化和集中控制。但无论是连续生产还是间歇生产，都必须经过中间放大的试验阶段，从中取得设计所需的数据，这是因为大型生产的操作变量不一定和小型试验一致。

一般化工的生产过程除有化学反应外，还要进行过滤、蒸馏、分离及干燥等单元操作，因此在设计中应尽可能选用一些切实可行的、先进的和高效的化工设备。

选择工艺路线还应考虑采用无害工艺或闭环工艺，对一些不可避免的三废，一要大力加强综合利用，变废为宝；二要尽量减少排放量；三要采用物理、化学、生物等各种方法治理污染。有些工厂把污水集中起来，由全厂统一处理。如梯恩梯车间产生的碱性废水（俗称红水），就是集中在沉淀池，经沉淀处理后，先将红水浓缩，随后将浓缩的红水与重油一起燃烧掉，燃烧时发生如下化学反应：



不含硫的有机物燃烧生成二氧化碳、氮和水蒸汽，无机化合物则生成硫酸钠、硫化钠、碳酸钠和氮氧化物。炉渣可卖给造纸厂使用。

最后选择工艺路线应尽量考虑采用电子计算机进行生产控制和管理，以利增加产量、提高质量和改善工人劳动条件。

二、工艺流程设计

生产工艺流程设计和车间布置设计是车间工艺设计的二个重要项目。它们决定车间的命运，当工艺路线确定后，就能开展工艺设计，以上两项最先进行。

通过工艺路线的论证，最后确定出一种适合国情的生产方法（如物理过程、化学过程、后处理及“三废”处理等）以及各种物料的流向的过程称之为工艺流程。

工艺流程设计主要包括：确定流程中各个生产过程的具体内容，顺序和组合方式，使之能从原料制得产品；绘制工艺流程图，即以图解方式表示生产过程中当原料经过各个单元操作制取产品时，物料和能量发生的变化及流向，采用了哪些化工过程与设备，再进一步用图式表示化工管道流程和计量-控制流程。

为了搞好这一工作，第一应确定整个流程由若干工序组成，制定每个单元过程的具体任务及各工序间的连接关系；第二应确定各工序需要多少台设备和采用何种方式连接，定出每台设备的作用及主要工艺参数；第三，要制定主要操作条件；第四，应根据综合利用的原则制定出三废处理的方案。最后须合理利用原料和能量，计算出各工序的技术经济指标。此外，还应考虑控制方案和安全措施的制订。

工艺流程图可以根据需要进行绘制。最简单的一种工艺流程图称为工艺流程草图或称为物料流程图，它不需编入设计文件，在物料流程图上通常用方块（或圆圈）来表示过程，因未进行定量计算，只能定性标出由原料转化为产品的变化和流向顺序，所有物料的流向都用箭头表示。用 CH_2Cl_2 提取 TNT 的工艺流程图就是其中一例，见图 2-1。

有时也可将物料流程图表示得更具体一些，例如在方块内注上温度、压力、催化剂等，如属物理过程，可注上吸收方式或其它特定条件。也可以在物料流程图中注上一些已知条件，如原料与成品的规格等，还可在图上标明各物料的具体数量。

生产工艺流程草图一般由物料流程、图例和设备一览表三部分组成。其中物料流程包括设备示意图（或方块图）、流程管线及流向箭头、文字注解等内容。文字注解只写物料和设备名称及其流向等。设备一览表包括序号、位号、设备名称及备注。

生产工艺流程草图的画法采用由左至右展开式，先物料流程，后图例，最后设备一览表。设备轮廓线用粗实线画出，物料管线用细实线画出，动力管线用中实线表示。

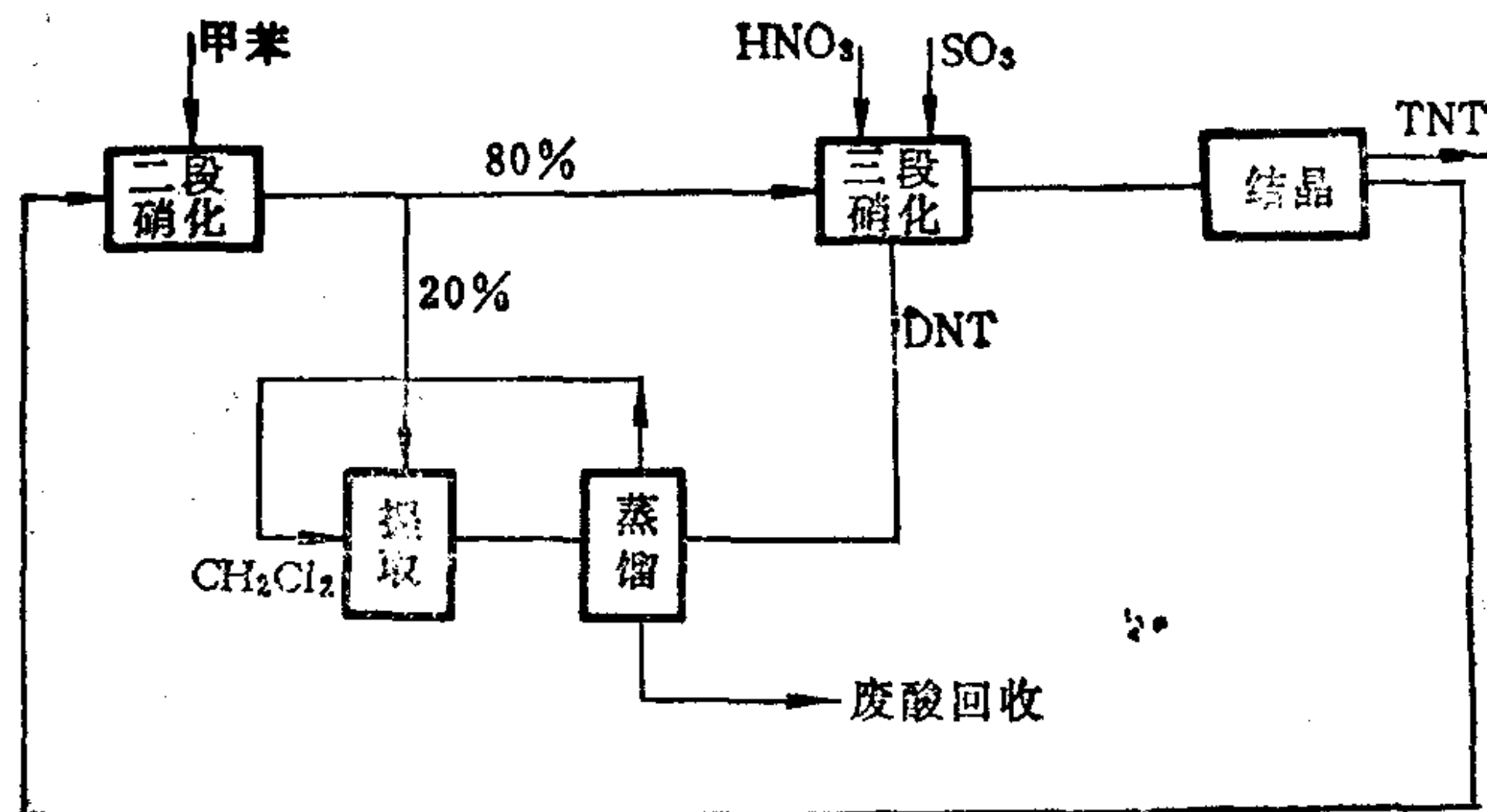


图2-1 用 CH_2Cl_2 提取TNT的工艺流程图

带控制点的工艺流程图是指各种物料在一系列设备内进行操作，最后变成所需产品的流程图。它比一般流程图更完善地表达出各设备的使用情况，设备间以及与各种计量、控制仪表间的相互关系。从带控制点的工艺流程图可以看出选定的工艺流程的先进程度。

带控制点的工艺流程图在设备设计计算结束、控制方案也确定下来之后才能绘制。它将作为设计成果正式编入初步设计阶段设计文件中。

在带控制点的工艺流程图中，必须按比例（不一定要求精确）画出各个设备的外形和各个管口，表示出设备间的相对位置，特别是竖向的高低位置，使之能正确反映出流体从这一设备向另一设备输送的情况。不仅要表示出主要物料的流向，对水、汽、真空、压缩空气及冷冻盐水等主要辅助管线也要一一表示出来。在施工图设计阶段，还要进一步绘制管道仪表流程图。

生产工艺流程的设计是非常复杂的，与各方面都有联系。一般它是最先设计，但几乎又是最后完成的。它涉及面广，很多问题都需进行考虑。如炸药生产中经常会产生废酸、废水和废药等废料，这些废料必须妥善处理。如梯恩梯废酸经脱硝得到稀硝酸，剩下的稀硫酸通过浓缩变为浓硫酸；酸性废水用活性炭吸附后排入下水道；碱性废水浓缩后与燃烧油一起烧掉；废药通过精制处理转为民品。废料处理后，防止了对环境的污染，同时又能降低成本。所以生产工艺流程设计也必须把这一部分考虑进去。如不能处理，或处理达不到标准时，要负法律和赔偿责任，对此应尽量避免。

流程设计应当由浅入深，由定性到定量。

1. 流程设计的三个阶段

流程设计包括方案设计阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段。不同阶段对工艺流程深度要求不同，这与各阶段达到的目的是密切相关的。

方案设计阶段应确定主要设备；主要物料管道及流向；主要的辅助管线，如蒸气、冷凝水、冷却水或冷冻水管线；其它需要说明的东西，如设备号、流向说明、图例及图签等。

初步设计阶段要求确定备用和次要设备；管道上的主要阀门也要表示在流程图中。

施工图设计阶段要求上述内容更加确切详细。所有设备，包括过滤器、分配器等辅助设备，虽在初步设计中已有表示，但允许不全，而在施工图阶段则要求齐全，对于管道中所有阀门及一切必要的附件或因工艺布置而使管线发生的变化都要一一明确表示。

施工图设计阶段的工艺流程图是为施工安装用的。而方案设计阶段和初步设计阶段的工艺流程图则是确定工艺过程用的。由于阶段不同，工艺流程图与物料计算、能量计算及设备计算等方面的关系也就不同。只有在施工图阶段，才能根据工艺布置图修改工艺流程，最后得出生产工艺流程图。

2. 生产工艺流程图的组成

生产工艺流程图由以下五部分组成，即物料流程、图例、设备和管道一览表、图签和图框。

(1) 物料流程

物料流程包括以下主要内容

- ① 厂房各层地平线及标高，有些流程图有此要求，但大量的流程图则没有；
- ② 设备示意图（外形尺寸须按比例画）；
- ③ 设备流程号；
- ④ 物料及动力（水、汽、真空、冷冻盐水等）管线及流向；
- ⑤ 管线上的主要阀门等；
- ⑥ 必要的设备及管道附件，如冷凝水排除器等；
- ⑦ 必要的自动控制系统和测示仪表，温度自动调节器、液位恒定系统以及流量计、压力表及真空表等；
- ⑧ 必要的文字注解，如废水去向，半成品去向等。

物料流程的比例，一般只要求能表示出设备的相对大小就可以了，常常把特别大的设备适当缩小，把特别小的设备适当放大，除表示设备的选型特点外，重点是表示设备之间的管线关系。

物料流程的画法与步骤如下：

- ① 先将各层地平线用细双线条画出，并注上标高，如建设水池，若池底定为零标高，则地面是正标高，如定地面为零标高，则池底为负标高。一处标不清楚，就可能影响到其它，待建成后再处理则困难甚大；
- ② 将设备示意图按厂房中布置的高低位置用细线条画上，而平面位置采用由左至右展开式，设备之间留有一定的间隔距离；
- ③ 将物料流程管线用粗线条画出，并画上流向箭头；
- ④ 将动力（水、汽、真空、压缩空气等）管线用细线条画出，并画上流向箭头；
- ⑤ 画出设备和管道上必要的附件，计量控制仪表，以及管道上的主要阀门等；
- ⑥ 标上设备流程号及辅助线；
- ⑦ 最后加上必要的文字注解。

(2) 图例

它是将流程中画出的管线、阀门、设备附件及计量-控制仪表等图形用文字予以对照。各种管线、阀门、附件及计量-控制仪表的图例见图 2-2。

(3) 设备一览表

其作用是表示流程中所有设备的名称、数量、规格及材料等，列在图签上部。包括序号、流程号、设备名称、设备规格、设备数量、设备材料和备注。

(4) 图签

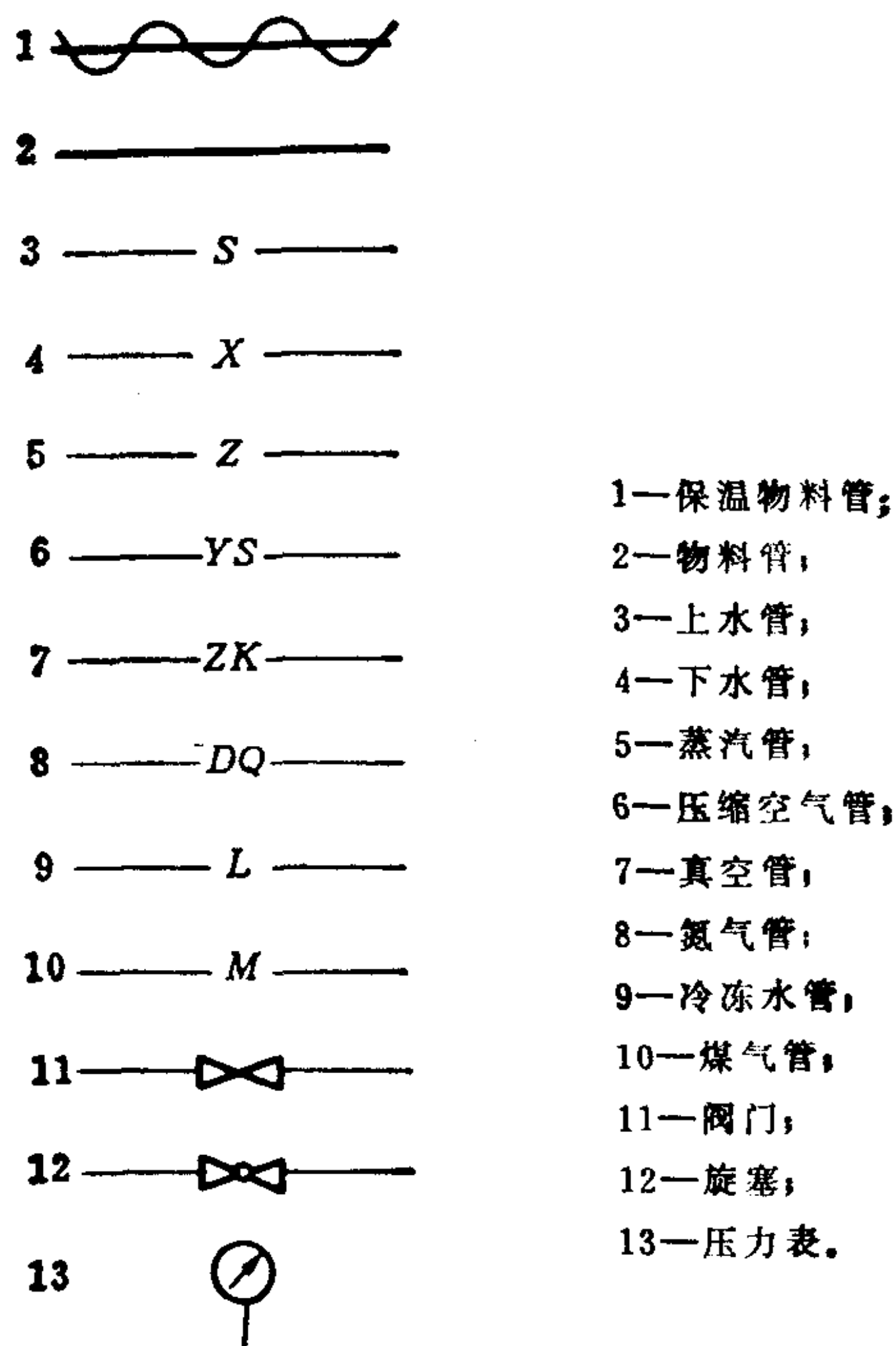


图2-2 流程图中的图例

作用是表明图名、设计单位，设计、制图及审核人员签名。还有比例尺、图号等，位置一般在流程草图右下角。设备一览表应和图签长度取齐。

(5) 图框

采用粗线条，给整个草图以框界。宽度一般采用0.25~0.3mm，长度由流程长短决定。

三、工艺流程设计方法和注意问题

1. 工艺流程设计方法

工艺流程设计时，首先要了解设计任务书的内容和要求，然后深入现场参加生产、试验及定型工作，以便更好地搞好设计工作。

在确定生产线数目时，对于工艺简单、有易燃易爆特性的危险品生产，则应采用双线或更多生产线的工艺流程。如某厂黑索今生产车间就是采用双线流程进行生产的。而对于工艺过程复杂，危险性不大的产品，则宜采用单一的工艺流程进行生产，如梯恩梯车间的生产就是这种工艺流程。

关于操作方式，一般应尽可能采用连续化生产方式，也有采用连续与间歇相结合的方式，直接硝解法制黑索今就是这种操作方式。有些过程则采用间歇操作方式，如太安的钝化处理。

当确定主要生产过程时，要抓住工艺流程的核心、化学反应过程的条件和本质，然后以此为中心向前推到原材料准备，向后推到产品的分离、精制、干燥、包装和三废处理，这样，才能勾画出流程的概貌。如由甲苯硝化为梯恩梯，因在一段硝化时，生成了少量的间位一硝基甲苯，从而导致最后产生了五种不对称梯恩梯。所以需要通过亚硫酸