

化工机械设计和保养

日本化学技术编著

上

HUAGONG
JIXIE
SHEJI
HE
BAOYANG



化工机械设计和保养

[上]

日本化学技术 著

上海科学技术文献出版社

化工机械设计和保养
[上]

日本化学技术 著

*

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 8 字数 193,000
1985年11月第1版 1985年11月第1次印刷
[印数: 1—10,500]

书号: 15192·416 定价: 1.50 元

《科技新书目》105-275

前 言

在化工设备及机械设计方面的化学工程计算，开始实际使用大约是1955年，而采用高级的工程手段和管理方法则是1960年以后的事情。在这以后的20~25年间，化工设备的设计技术获得了很大的进展。

如果根据计算所取得大体答案进行设计，必然会犯盲目相信数据的弊病。

其实，实际的设备设计时，单靠计算是不能解决问题的，应设想可能会引起的各种异常现象以及条件的变化，并要相应采取能适应这些可能发生的异常现象以及条件的对策。对此，也许有人会说，不是有一种叫做事例研究的手段吗？然而，即使采取了这种手段，仍解决不了在运转方面的问题。

若仅采用理论计算，而对上述情况考虑欠妥，即使在试运转期间，其能力达到100%，而在其后的实际应用时，经常会产生障碍或故障，从而大大地降低开工率。这不仅是个技术性问题，而且对于原材料的筹措和贮藏、成品的销售、营业范围等都带来很大的影响。为此，须综合进行考虑，即使其运转能力只能达90%，设备仍能作长期而稳定地运转。

众所周知，由于大多数化工设备所处理的是易爆、易燃、有毒性等具有危险性的物质，所以，故障频繁，这是由于设备本身常处于不稳定状态，也许在什么时候还会发生重大事故。为防止上述事故的发生，要加强对设备的维护保养。最好事先能进行稳定运转的设计。

无论怎样,想要采取运转技术来控制难以操作的设备,总有一定的限度,当超过这一限度时,哪怕是一点点的突破,就会发生重大的事故。所以,为保证化工设备的安全,重要的是不仅要考虑到机械结构这一面,而且还必须对组成工艺及设备的机器、配管、仪表等进行适当的设计。

直率地讲,关键是只有在维护保养上变更设计、运转等一连串的技术,才能达到预期的设备性能和安全。

本书只不过叙述化工机械的设计和维持的一些初步事项。我相信对想使用化工机械的人们定会有所帮助,在与笔者共同反复推敲下,经过努力,终于在今天得以出版。

1980年6月

佐野 司朗

(代表笔者)

目 录

第一章 化学工业·化学装置	(1)
1. 化学工业的特征	(1)
1.1 技术特征	(1)
1.2 经济特征	(3)
2. 化工机械	(4)
2.1 化工机械的特征	(4)
2.2 化工装置的构成	(5)
2.3 设计、维修、保养的要点	(9)
第二章 塔的结构和设计的技术要点	(11)
1. 塔的用途和型式	(11)
1.1 塔的运用	(11)
1.2 塔的型式和用途之间的关系	(13)
2. 板式塔的结构和设计	(13)
2.1 板式塔的外部结构	(13)
2.2 塔盘的种类和结构	(17)
2.3 板式塔的蒸馏	(24)
2.4 塔盘的设计	(30)
3. 填料塔的结构和设计	(38)
3.1 填料塔的内部结构	(38)
3.2 填料塔的设计	(40)
3.3 填料塔和板式塔的比较	(45)
4. 塔的结构设计和维修的要点	(46)
4.1 结构设计	(46)
4.2 塔保养	(49)
第三章 容器的种类、设计和维修基础知识	(51)
1. 容器的种类和结构	(51)

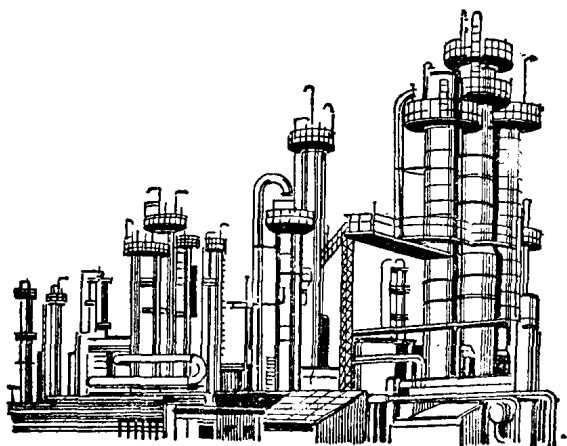
1.1 容器	(51)
1.2 中间槽	(65)
1.3 单元操作用槽	(67)
2. 机能设计以及制造	(67)
2.1 材料	(67)
2.2 设计要点	(67)
2.3 制造与建设	(69)
3. 维护、检修	(70)
3.1 检查和故障	(70)
3.2 清洗	(73)
3.3 检查、测试	(73)
第四章 管式加热炉的结构、设计及维修	(75)
1. 管式加热炉	(75)
1.1 管式加热炉的原理	(75)
1.2 管式加热炉的用途	(76)
1.3 管式加热炉的型式	(76)
2. 管式加热炉的结构	(78)
2.1 炉主体结构	(78)
2.2 炉的构成要素	(81)
3. 管式加热炉的设计	(83)
3.1 管式加热炉的设计程序	(84)
3.2 管式加热炉的材质以及加热管管径	(85)
3.3 辐射段的传热	(87)
3.4 对流段	(91)
3.5 烟囱及炉膛内压	(92)
3.6 管内压力损失	(93)
4. 管式加热炉的维修、检查	(94)
4.1 有关管式加热炉维修、检查的基础知识	(94)
4.2 平时的维修和检查	(96)

4.3 定期检查	(98)
第五章 蒸发装置的选定及运转的要点	(101)
1. 蒸发装置的分类与选择的要点	(101)
1.1 按蒸发操作进行分类	(101)
1.2 蒸发器的种类与特征	(102)
1.3 选定形式的要点	(107)
1.4 附属装置	(108)
2. 蒸发装置的基本事项	(109)
2.1 沸腾温度的上升	(109)
2.2 蒸发速度	(110)
2.3 物料平衡和热量平衡	(111)
3. 运转时应注意的事项	(112)
3.1 开始运转与停止时的基本顺序	(112)
3.2 基本运转调整法	(113)
3.3 性能检验	(114)
3.4 维护保养	(115)
第六章 反应装置的种类和控制、操作要点	(117)
1. 反应装置的种类	(117)
1.1 操作方式	(118)
1.2 反应相	(120)
1.3 传热形式	(120)
1.4 结构形式	(121)
2. 反应装置的设计与控制	(127)
2.1 反应装置的设计与选择	(127)
2.2 反应装置的控制	(129)
3. 操作方面存在的问题	(131)
3.1 触媒的填充方法	(131)
3.2 运转时的注意事项	(133)

第七章 热交换器及其设计基础	(134)
1. 热交换器的种类	(135)
1.1 热交换器的用途	(135)
1.2 热交换器的形式	(136)
2. 热交换器的设计	(143)
2.1 设计基础	(143)
2.2 性能设计	(146)
2.3 性能检验	(150)
3. 热交换器的维护、检修	(152)
3.1 故障与对策	(152)
3.2 检验与清洗	(155)
第八章 测量仪表与自动控制装置的基本原理	(158)
1. 各种测量仪表的原理与构造	(158)
1.1 测量仪表的种类与符号	(158)
1.2 流量计	(160)
1.3 液面计	(165)
1.4 压力计	(169)
1.5 温度计	(171)
2. 自动控制装置的基础	(178)
2.1 自动控制	(178)
2.2 过程控制的种类	(180)
2.3 压力传送器的基本结构	(180)
2.4 调节计的控制动作	(182)
2.5 调节阀	(186)
3. 仪器类的保养、检修	(192)
第九章 公害对策装置的种类与排烟脱硫、脱氮装置	(196)
1. 各种公害的对策装置、仪器	(196)
2. 排烟脱硫装置的种类与操作	(198)

2.1 装置的形式与示例	(198)
2.2 委尔曼-罗德式排烟脱硫装置	(205)
2.3 装置操作的注意事项	(206)
3. 排烟脱氮装置的种类和运转法	(209)
3.1 排烟脱氮装置的种类	(209)
3.2 运转操作方面的注意事项	(211)
第十章 化工机械在设计、运转和保养方面的安全措施 ...	(213)
1. 化学工业中的安全	(213)
1.1 灾害原因与安全方面的考虑	(213)
1.2 安全法规	(215)
2. 设计时的安全对策	(217)
2.1 工艺设计时的安全对策	(217)
2.2 平面图设计时的安全对策	(219)
2.3 详细设计时的安全对策	(223)
3. 运转操作中的安全对策	(229)
3.1 安全组织	(231)
3.2 实际的安全管理	(231)
4. 维护、保养安全对策	(232)
4.1 维护、保养管理	(232)
4.2 实际的维护、保养业务	(238)

第一章 化学工业·化工装置



概述

正如序言所述,在讨论各种化工设备时,必须从整个工厂、整套装置以及和其它设备的关系一起来进行考虑。因而,要把所有化工设备作一全面介绍实际上是不可能的,本章拟就化学工业和化工装置的共性进行介绍。

1. 化学工业的特征

从“技术”和“经济”角度来看,化学工业与机械工业相比存在着明显的差别。

1.1 技术特征

与机械工业比较,化学工业在技术上的主要特征如表1.1所列。

表 1.1 化学工业的技术特征

特 征	理 由	机 械 工 业
①技术不断更新,影响显著	技术上一旦出现新的突破,很快就会接二连三出现新的化学制品和新的生产工艺,使原有的产品或生产工艺很快的丧失了价值。	机械工业上技术的进步,主要是基于新的机器的使用或机器性能的改进,新产品出现后,原有产品的用途或价值还能维持相当一段时间
②由于连续化、自动化,故有利于大量生产	化学工业物料基本上是粉末、液体、气体等易于输送、控制的不定形物质。它们在一定条件下,在各类容器中进行物理或化学反应,因而生产过程便于连续化、自动化、大型化,所以生产过程的经济效益较高。	机械工业基本上是把一定大小的固体块料进行变形加工,除化学工业外,连续化、自动化、大量生产条件不成熟。
③生产规模的确定、产品的选定,一旦出现差错,影响极大	生产工艺过程所选定的各种设备均是配套的,一旦确定生产规模就很难变化。若某一设备选用得大了,则设备费用要增加,反之,选用过小,若要提高生产能力则需增加很大费用。另外,若产品的选定出现差错,则会使整套装置无法运转。	机械工业工厂是集中了具有各种用途的独立机器进行生产的,生产规模的扩大或缩小只需增加或减少所使用的单机数量,即使产品选错了,所有的机器亦可用于其它产品的制造。
④生产工艺确定得好、差,直接影响产品的价格以及设备费用的大小	同样的产品,可以选用不同的原料和不同的制造方法,能否选用最适宜的生产工艺直接影响生产成本和设备费用。	机械产品的制造是定材料、定机器进行的。所以,生产成本的高低决定于机械性能、生产效率以及经营效率。
⑤能耗较大	由于化学加工过程是使物质发生变化,因而热能的消耗量很大。	机械加工主要是使物体变形,因而只消耗一定热能和电能。
⑥容易进行质量的科学管理	因处理对象是流体,便于采用连续自动的计量控制。	因制品是具有一定形状的物体,质量检查手续繁琐。
⑦容易发生事故,而且事故的危害性大	因处理的多是易燃、易爆及有毒害的危险物质,一旦发生事故危害性就很大。	若有事故发生,主要影响局部机械或电器。
⑧	公害的发生及其危害如⑦所述	

1.2 经济特征

技术与经济是不可分割的，因而化学工业在经济方面的特征是与技术方面的特征密切相联系的，其内容见表 1.2 所列。

表 1.2 化学工业的经济特征

特 征	理 由
①化学产品以及生产工艺装置寿命较短 ②设备投资需在短时期内回收 ③研制费用较大	如化学工业的技术特征所述，化学工业技术的更新是很快，技术上的新突破马上会出现新的化学产品和新的生产工艺，使原来产品与生产工艺被淘汰，因而加快设备投资的回收是极为重要的。 为了优先采用新技术，故为研制新产品、开发新工艺在研究工作中需投入大量的人力、物力。
④一次性设备投资较大 ⑤必须拥有大资本 ⑥按单位从业人员计设备投资较大	机械工业中，有一台车床就能进行加工，然而化学工业不一样，仅仅有一台蒸馏塔或热交换器是没有多大用途的。必须根据某一生产目的，有许多相关的设备组成一套生产装置才能进行生产。为了提高经济效益，往往还需考虑建立副产品的生产设备，故化学工业工厂的建设、设备投资是较大的，必须拥有较多的资本。 另外，化工生产由于可采用自动化、连续化操作，操作人员较少，因而，按每个从业人员计的设备投资额大大超过机械工业。
⑦运转费所占比例较大	因化学工业需消耗大量的能量。
⑧生产成本竞争激烈	在机械工业，同样的产品几乎都是采用相同的生产方法，生产成本的竞争主要表现在生产合理化方面。 然而，化学工业生产成本的竞争，不仅是在生产合理化，更主要的手段在于及时掌握市场动态，不断进行新产品和新工艺的开发。
⑨易形成联合企业	化学工业中，由于原料和产品的交流频繁，同行业之间技术上、经济上联系越来越密切，相关的工厂企业可集中在一起，以取得更好的经济效果，化学工业较易形成联合企业。

2. 化工机械

在化学工业中使用的化工机械,即化工设备的特征,以及它们在设计 and 维修上的注意事项,概述如下:

2.1 化工机械的特征

各种化工机械设备在第2章起将会逐一介绍,这里就其共性方面作如下简介。

① 加工手段是被动的

在机械工业中,对材料用车床、磨床、滚轧等机械设备进行切削、割断和压延等加工,这种加工手段称之主动加工。反之,在化学工业中,原料在化工设备中系是在一定的工艺条件下(一定的温度、压力等)任意的进行物理或化学的变化,称之被动的加工。

② 具有容器类性能的设备多

由于化学工业中,设备对原料加工是被动的,故在化工设备中,具有容器类性能设备特别多,如石油或气体的贮罐等。

此外,必须指出,在化工设备中用到的泵、鼓风机和压缩机等旋转机械设备,不属于化工机械而属于通用机械。

③ 温度及压力的可变范围较宽

以温度为例,有把流体冷却到零下数十度的冷却器(热交换器的一种),也有把其加热到近 1000°C 的加热炉。

④ 处理的物质通常为粉末、液体、气体

在石油炼制、石油化工中,处理的物体几乎都是液体或气体(蒸汽),在化学工业中,即使接触到固体,为便于流动往往亦是将其粉碎成微粒或粉末来进行处理的,此外,亦有用液体和微粒混合成泥浆状进行处理的。

⑤ 接触腐蚀性物质较多

化工设备除经常接触酸、碱等具有化学腐蚀性物质外,还因

浸蚀、气蚀(由高速的流体对管路等引起腐蚀)等引起的机械腐蚀;电介质流体引起的电气腐蚀;以及因材料的应力存在而产生的应力腐蚀。

⑥ 接触危险性物质较多

大多数物质有毒、易燃、易爆

由以上③~⑥所述,可见还有下列一些特征。

⑦ 化工设备经常在高温、高压、腐蚀性条件下使用,故必须使用能耐上述条件的材料

除较多的使用一般结构用碳素钢外,在上述条件下,需使用不锈钢或特殊合金,内衬非金属材料及设备亦用得较多。

⑧ 与⑦同样的理由,化工设备一般耐用年限较短

⑨ 要求装置结构的密封性能好

⑩ 对燃烧、爆炸应特别重视

⑪ 必需采用仪表间接监测设备内部情况。

2.2 化工装置的构成

化工装置是由许多种化工设备构成,这些化工设备由泵、输送机等的输送机械以及管路等组合,以形成具有完成某一生产目的的装置。

这里以具体举例介绍化工装置是按怎样程序进行选定而组合起来的。

a. 方框流程图

化工设备的选定,最主要的是必须先搞清楚用何种原料来制造什么化工产品,为此,在进行具体工作时,先要搞清以下两点:

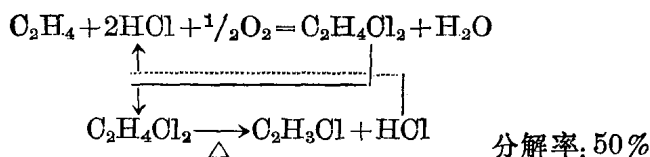
① 若发生化学反应,则应写出主反应的化学方程式

② 若是物理处理过程,则需了解需分离的物质和数量

这里,以用乙烯(C_2H_4)和氯化氢(HCl)和空气合成氯乙烯

单体为例来说明。

首先,这一过程的化学方程式可以下式表示:



当然亦有副反应发生,为简便起见,这里暂不考虑。此外,为方便起见分别以缩写代号 EDC 和 VCM 来表示 $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ (二氯乙烷)和 $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ (氯乙烯)。

由化学方程式可见,要合成 VCM(氯乙烯)时必须进行以下操作:

- ① 乙烯、氯乙烯和空气混合(混合操作);
- ② 混合气体送入反应器进行反应(反应操作);
- ③ 使反应生成的气体液化(液化操作);
- ④ 中和未反应的 HCl 气体(中和操作);
- ⑤ EDC(二氯乙烷)脱水(脱水操作);
- ⑥ 蒸馏除去 EDC 以外不纯物(蒸馏操作);
- ⑦ EDC 向裂解炉输送前的气化(蒸发操作);
- ⑧ EDC 蒸气送入裂解炉进行裂解(裂解操作);
- ⑨ 裂解炉出口气体(含有 VCM、HCl 及未反应 DCM)的急冷(急冷操作);
- ⑩ HCl 气体的吸收以及蒸馏脱除(吸收及蒸馏操作);
- ⑪ EDC 和 VCM 的蒸馏分离(蒸馏操作);
- ⑫ ⑪粗分离的 EDC 和 VCM 进一步蒸馏提纯(蒸馏操作)。

以上各操作过程,可以方框来表示,并把全过程组合起来即绘出了能一目了然的方框工艺流程图,如图 1.1。

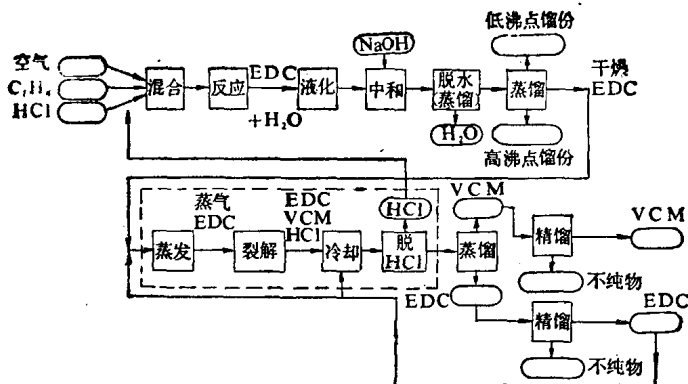


图 1.1 方框流程图

b. 工艺流程图

在方框流程图中，并没有标明操作过程具体使用的化工设备种类，例如进行蒸馏操作，蒸馏塔需与再沸器、凝液器、热交换器、泵、贮槽一起配套，在图 1.1 中只用文字说明了什么操作过程，而在工艺流程图中，不仅需用具体的设备形状来表示操作过程，并且还需绘出物料管路线。

图 1.2 表示了图 1.1 中用虚线画出部分的工艺流程图。

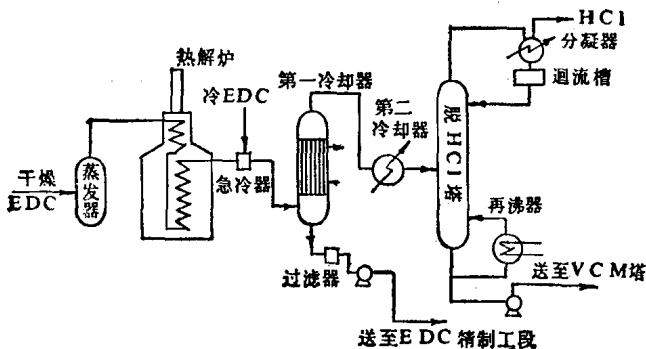


图 1.2 工艺流程图