

内 容 简 介

本书是根据综合性大学化学系应用化学专业“化工设计”课程的教学大纲,结合作者的教学实践及多年来从事化工工艺设计的经验和体会编写而成的。

全书共分十章,分别介绍化工厂,化工设计的基本知识、厂址选择与化工厂总平面布置、工艺流程设计及工艺流程图、物料衡算、能量衡算及设备工艺计算与选择、设备布置设计及设备布置图、管路布置设计及配管图、工艺设计说明书、工艺设计概(预)算书及怎样作化工工艺设计等。

该书可作为大专院校有关专业“化工设计”课程的教材,也可供化工设计、科研、生产的工程技术人员参考。

DU45/27



序

“化工设计”课程是高等工科或理院校化工系或化学系应用化学专业的最后一门专业课。作者根据多年来从事化工设计和教学工作的经验,同时参阅有关专著,编写了这本教材。

根据化工设计程序,全书分为十章,全面介绍了化工厂、化工设计的基本知识、厂址选择与化工厂总平面布置图、工艺流程设计及工艺流程图、物料衡算、能量衡算及设备工艺计算与选择、设备布置设计及设备布置图、管路布置设计及配管图、工艺设计说明书、工艺设计概(预)算书及怎样作化工工艺设计等。

我浏览了本书的全部内容,它具有以下特色:(1)内容少而精,着重叙述化工工艺设计并兼顾其他专业设计,突出应用;(2)全书叙述的方法是从化工厂总体谈起到整个化工设计结束,紧密结合实际,层次分明,循序渐进,系统性、逻辑性强;(3)书中列举了部分化工设计方面的数据及典型实例,并介绍了有关设计规定、规范及标准。每章末附有复习思考题、习题及附录或附表,有利于指导自学;(4)书中内容具体、实用,有理论分析,有设计方法,紧密结合设计实践及化工厂建设,具有较高的应用价值;(5)全书文句流畅,通俗易懂。

对于有关专业的高年级学生或刚参加化工设计的人来说,利用本书,经过课堂学习或自学与实践,对化工设计,尤其是化工工艺设计可以收到由生疏到熟练,由不会到会的效果。

这本书除可作为高等院校有关专业讲授“化工设计”课程的教材外,也可供化工科研、设计及生产的工程技术人员参考。

虽然时间仓促,但作者经过努力工作,能编写出这样一本较为新颖、应用性较强、有利于教学及化工厂建设的书是难能可贵的,故乐为序。

全国“化工原理”教学指导委员会副主任委员

合肥工业大学化工系教授

范文元

1993年3月17日

前 言

作者多年从事化工设计并在中国科学技术大学化学系应用化学专业讲授“化工设计”课程,得到同行及同学们的好评,他们一致认为讲义的内容少而精,系统性、逻辑性强,理论联系实际,对化工厂、化工厂设计及化工工艺设计等方面论述深刻且全面,并要求将讲义尽快整理成书。为了满足同学们特别是刚参加化工设计者的迫切愿望,也为了与兄弟院校的同行交流教学经验,进一步提高教学质量,作者将讲义进行修改、补充,编写了这本《化工设计》。

根据“化工设计”的特性,本书叙述的方法是从化工厂简介→化工厂设计→化工工艺设计→建立化工厂。

本书注重理论联系实际,突出应用,以便同学们通过学习及实践,逐渐了解化工厂,并掌握化工工艺设计的内容、方法及步骤,达到初步能独自设计一个工段、一个车间或一座化工厂的目的。

为了便于教学及自学并尽可能地控制教材的篇幅,书中列举了部分图表和数据、规定、规范及标准。设计时,还可以从有关生产厂的产品样本及设计手册中查到所需要的数据。在每章末附有复习思考题、习题及附录,有利于指导自学。

本书在编写过程中,得到校系领导、合肥工业大学化工系范文元教授和兄弟院校同行的关怀、支持和鼓励,在此致谢。

限于本人水平,难免有欠妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

1993年5月于合肥

绪 论

化学工业是以天然物质或其他物质为原料或材料,利用这些物质的性质或形态的变化,或利用这些物质的组合,生产对人类生活很有价值的物质或物体的一种工业。它是国民经济中的重要组成部分。它同国民经济的各个部门有着密切的关系,行业多、品种繁、涉及面广,对农业、轻工业、重工业、交通运输业、国防工业、文化教育和科学事业及提高人民生活水平等方面都起着重要的作用。近几十年来,从世界上工业发达的国家和平均发展趋势来看,化学工业的增长速度比整个工业部门的增长速度高得多,成为国民经济中的一个极重要的支柱。

由于长期封建制度的禁锢和百年的帝国主义压迫,旧中国的化学工业是非常落后的。当时作为衡量一个国家化学工业水平的基本化工原料的三酸二碱,1949年,我国硫酸产量只有4万吨,纯碱8.8万吨、合成氨0.5万吨,全国化工总产值为1.77亿元,占全国工业总产值的1.6%。解放后,特别是在党的十一届三中全会以后,我国的化学工业发展迅速,取得了令人瞩目的成就,一支强大的科研、设计、施工、生产的技术力量已经形成。当前,生产各种化工产品的化工厂已遍布全国城乡,规模较大的现代化化学工业已在国内各个地区相继建立。

科学技术的迅猛发展,促进了化工生产快速增长。新工艺不断开发,新产品不断出现,化工生产的范围日益扩展。相信在十四大精神鼓舞下,随着改革开放进一步深化,我国的化学工业一定会取得更加辉煌的成就。

随着化学工业的发展,对化工研究、设计、施工、生产的要求更高。在这种形势下,培养一支优秀的设计队伍是十分必要的。设计人员应具有高度的责任感和正确的设计思想,从我国的国情出发,尽可能地采用国外先进的科学技术,有效地利用资源,做到经济上合理,技术上先进,出色地完成设计任务,为我国四化建设服务。

“化工设计”是一门综合性的学科,是目前高等工科或理科应用化学专业中一门专业课,它涉及面广。在设计过程中,既要用到基础知识和技术基础知识,又要用到化工方面的专业知识。因此,“化工设计”是基础知识与专业知识密切结合的产物。

设计是一种富有创造性的活动,它是把很多想法加以综合,实现要达到的目的(即生产出市场上所需要的化工产品)。

设计受多方面的因素所约束,有些约束因素是固定不变的,如物理定律、规范和标准等,称为外部约束因素;有些约束因素,通过发挥设计者的主观能动性是可以改变的,如生产方法,工艺条件、原料和设备的选择等,称为内部约束因素。设计者把外部约束因素与内部约束因素有机地结合起来,就能使设计更完善。

根据当前经济的飞速发展和社会需求,应用性人才的培养有两个重要方面:一是要有扎实的理论基础、广博的知识面;二是要有实践性教学环节,这样的人才能适应人才市场的需求,并具有较强的竞争能力。因此“化工设计”是培养应用性人才不可缺少的教学环节。事实证明只有两个方面一起抓,才能培养出一批基础理论扎实,专业口径宽,适应性强,有较强实践能力且

符合社会需求的应用性人才。

本课程将对设计过程进行理论联系实际地分析和讨论。通过学习,要求 1)了解化工厂;2)掌握化工设计的基本知识;3)明确化工工艺设计的内容、方法和步骤。通过设计的初步锻炼,逐步达到能独立完成化工厂、车间或工段的设计任务。

目 录

序	(I)
前言	(III)
绪论	(V)
第一章 化工厂简介	(1)
第一节 化工厂的分类	(1)
第二节 化工厂的概况	(2)
一、结构	(2)
二、化工厂包括的专业技术	(3)
三、厂房	(4)
四、车间组成	(4)
第三节 建化工厂的方法和步骤	(5)
复习思考题	(6)
第二章 化工设计的基本知识	(7)
第一节 化工设计的分类	(7)
第二节 技术经济	(7)
一、国外作法	(8)
二、国内作法	(9)
第三节 设计任务书	(10)
第四节 化工设计阶段	(10)
一、初步设计阶段	(10)
二、技术设计阶段	(10)
三、施工图设计阶段	(11)
第五节 各专业的设计内容	(11)
一、工艺专业	(11)
二、设备专业	(12)
三、自动控制专业	(12)
四、给排水及采暖、通风、排风专业	(12)
五、电气专业	(14)
六、供热(供气)专业	(14)
七、土建专业	(14)
八、总图运输(简称总图)专业	(14)
第六节 作化工工艺设计必须具备的知识	(14)
一、工艺方面的知识	(14)
二、工程方面的知识	(15)

三、设计方面的知识·····	(15)
第七节 化工设计中的建筑知识·····	(15)
一、建筑构造·····	(15)
二、建筑物的结构·····	(17)
三、厂房建筑的图示内容·····	(17)
复习思考题·····	(20)
第三章 厂址选择与化工厂总平面布置图·····	(21)
第一节 厂址选择·····	(21)
一、厂址选择的三个阶段·····	(21)
二、选厂原则·····	(22)
三、国外厂址选择的趋势·····	(23)
第二节 厂区总平面布置·····	(23)
一、厂区布置的基本任务·····	(23)
二、厂区布置原则·····	(23)
三、竖向布置·····	(24)
四、管线布置·····	(25)
第三节 设计总平面布置图应注意的事项·····	(25)
一、生产车间的布置·····	(25)
二、辅助车间的布置·····	(26)
三、行政管理部门的布置·····	(26)
四、建筑物之间的距离·····	(26)
五、厂区道路·····	(27)
第四节 厂区总平面布置实例·····	(27)
复习思考题·····	(28)
习题·····	(28)
第四章 工艺流程设计及工艺流程图·····	(30)
第一节 选择生产方法·····	(31)
第二节 工艺流程设计·····	(31)
一、工艺流程设计的原则·····	(31)
二、设计工艺流程应考虑的问题·····	(32)
第三节 工艺流程图·····	(32)
一、合成氨厂氨水脱硫简介·····	(33)
二、工艺方案流程图·····	(33)
三、工艺施工流程图·····	(34)
复习思考题·····	(36)
习题·····	(36)
第五章 物料衡算、能量衡算及设备工艺计算与选择·····	(37)
第一节 物料衡算·····	(37)
一、物料衡算的意义·····	(37)

二、物料衡算的分类.....	(37)
三、物料衡算的步骤.....	(37)
四、氨水脱硫塔的物料衡算.....	(42)
第二节 能量衡算	(45)
一、能量衡算的意义.....	(45)
二、通过能量衡算可以解决的问题.....	(45)
三、热量衡算式.....	(45)
四、脱硫塔的热量衡算.....	(49)
第三节 合成氨厂脱硫系统主要设备工艺计算与选择	(51)
一、除尘塔塔径的计算.....	(51)
二、脱硫塔的计算.....	(52)
三、设备的选择.....	(56)
四、脱硫系统主要设备.....	(57)
复习思考题	(57)
习题	(57)
第六章 设备布置设计及设备布置图	(59)
第一节 设备布置设计	(59)
一、设备布置原则.....	(59)
二、设备布置与土建专业的关系.....	(65)
三、设备布置设计的步骤.....	(65)
第二节 不同设计阶段的设备布置图	(65)
一、扩大初步设计阶段的设备布置图.....	(65)
二、施工图设计阶段的设备布置图.....	(66)
第三节 各类设备布置的注意事项	(69)
一、反应器.....	(69)
二、混合器.....	(71)
三、蒸发器.....	(72)
四、结晶器.....	(73)
五、贮罐.....	(73)
六、工业炉和各种明火设备.....	(73)
七、塔.....	(74)
八、换热器.....	(75)
九、流体输送设备.....	(75)
十、过滤器.....	(77)
十一、干燥器.....	(78)
十二、气体净化设备.....	(78)
十三、运输设备.....	(78)
十四、罐区.....	(79)
十五、控制室.....	(80)

十六、管廊.....	(81)
复习思考题	(81)
习题	(81)
第七章 管路布置设计及配管图	(82)
第一节 管道、管件及管架.....	(82)
一、管道.....	(82)
二、管道计算.....	(83)
三、阀门.....	(87)
四、管道连接.....	(91)
五、管道材料及阀门形式的选择.....	(91)
六、管件及管件图.....	(93)
七、管架图.....	(93)
八、管道应力.....	(94)
第二节 管路布置设计应考虑的问题	(94)
一、物料因素.....	(94)
二、施工、操作及维修	(95)
三、安全生产.....	(96)
四、其他因素.....	(96)
第三节 管路布置图	(96)
一、作用及内容.....	(96)
二、绘制管路布置图的步骤.....	(96)
三、绘制管路布置图应注意的事项.....	(98)
四、管段图.....	(99)
五、阅读管路布置图的步骤	(100)
六、识读举例	(102)
复习思考题.....	(104)
习题.....	(108)
第八章 工艺设计说明书.....	(110)
第一节 扩大初步设计说明书.....	(110)
第二节 施工图设计说明书.....	(112)
复习思考题.....	(113)
第九章 工艺设计概(预)算书.....	(114)
第一节 综合概、预算的组成	(114)
第二节 工艺设备及安装工程费用的内容.....	(115)
一、设备费	(115)
二、工艺设备安装费	(116)
三、填充物、保温、保护层及防腐蚀材料的安装费	(116)
四、生产用工具及家俱的购置费	(116)
第三节 工艺设备及安装工程概(预)算书的编制方法.....	(116)

复习思考题.....	(117)
第十章 怎样作化工工艺设计	(118)
第一节 扩初设计工艺专业的工作内容及步骤.....	(118)
第二节 施工图设计工艺专业的工作内容及步骤.....	(119)
第三节 工艺专业向非工艺专业提设计条件的内容.....	(120)
一、土建专业	(120)
二、给排水、采暖通风专业.....	(120)
三、电气专业	(121)
四、自控专业	(122)
五、设备专业	(122)
六、供气专业	(123)
七、总图运输专业	(123)
第四节 工艺专业与非工艺专业之间的条件往返程序.....	(123)
一、工艺与设备专业	(123)
二、工艺与自控专业	(124)
三、工艺与水、电、气专业	(124)
四、工艺与土建	(124)
五、工艺与总图运输专业(简称总图)	(125)
第五节 工艺专业与非工艺专业设计的成品.....	(125)
一、工艺专业	(125)
二、土建专业	(125)
三、给排水专业	(126)
四、电气专业	(126)
五、供气专业	(127)
六、设备专业	(127)
七、自控专业	(128)
八、总图运输专业(见附录 10-4、10-5)	
复习思考题.....	(129)
设计习题.....	(129)
附 录	
附录 1-1 在车间或车间处理设备排出口及工厂排出口的 工业“废水”最高容许排放浓度	(136)
附录 2-1 主要技术经济指标的内容	(137)
附录 2-2 关于车间空气中有害物质的规定	(137)
附录 3-1 设计基础资料的收集提纲	(142)
附录 3-2 化工生产的火灾危险性分类及举例	(144)
附录 3-3 工厂防火规定	(145)
附录 4-1 图纸幅面、图样比例及图线	(153)
附录 1 2 化工工艺图图线、代号与图例规定	(155)

附录 5-1	单位因次及其换算	(158)
附录 6-1	化工设备布置的安全距离	(162)
附录 7-1	各种流体在管导中常用流速范围	(163)
附录 7-2	管路及配件的常用画法	(165)
附录 9-1	总投资	(168)
附录 9-2	产品的生产成本	(169)
附录 10-1	化工产品开发的基本步骤	(170)
附录 10-2	工艺设计中应考虑的安全事项	(175)
附录 10-3	环境保护和污染治理	(176)
附录 10-4	工厂总平面设计步骤和图纸内容	(178)
附录 10-5	运输系统	(181)
主要参考文献		(184)

第一章 化工厂简介

化工厂是生产化工产品的场所。化工产品很多,可分为 25 类:第一类,氨、电石、硫酸、化学肥料;第二类,碱工业、药品;第三类,无机化工产品;第四类,高压气体;第五类,火药类;第六类,芳香族及焦油产品;第七类,有机化工产品;第八类,石油化工和石油炼制产品;第九类,塑料;第十类,增塑剂及稳定剂;第十一类,合成橡胶;第十二类,橡胶助剂及炭黑;第十三类,人造纤维及合成纤维;第十四类,医药和染料中间体;第十五类,合成染料;第十六类,颜料(无机和有机);第十七类,油脂及油剂;第十八类,涂料及粘合剂;第十九类,香料及食品添加剂;第二十类,生物化学产品;第二十一类,催化剂;第二十二类,照相药品及拨染剂;第二十三类,农药;第二十四类,天然药品及天然产物;第二十五类,各种不同用途的药剂。上述二十五类化工产品涉及到各行各业,与人们的吃、穿、用有着密切的关系。我国的化学工业为工农业、国防等各部门生产了数以千计的化工原料和化工产品。要生产出这么多的化工产品,当然就要在全国各地建设许多化工厂。

当前,在我国改革开放进一步深化,社会主义市场经济兴旺发达的时候,各种化工产品层出不穷,化工厂就如雨后春笋一般。可以说,在跨向 21 世纪时,化学工业产品以及化学技术无疑将成为促进人类繁荣的巨大动力。

第一节 化工厂的分类

一、按产品的名称分类,可分为日用化工厂、石油化工厂、农药化工厂、橡胶厂、塑料厂等种类繁多的化工厂。

二、按生产规模分类,可分为大型化工厂(一般年生产能力在 10 万吨以上的),例如扬子乙烯,安庆石油化工总厂等;中型化工厂(年生产能力在万吨至 10 万吨之间),例如合肥化工厂、合肥化肥厂等;小型化工厂(年生产能力在万吨以下的),例如乡镇企业的生产规模。

三、按生产方式分类,可分为连续操作和间歇操作。连续操作,例如合成氨厂等,24 小时生产不停,生产工人三班倒。连续操作,反应物不断地进入反应系统,各反应有次序地在设备的不同部位进行,原料的输入和产品的卸出是连续的。反应过程的物理化学和工艺参数不随时间而变化。反应过程在最适宜、恒定的条件下进行。

间歇操作,例如精细化工厂等,一天只上一个班或二个班。间歇操作,反应物被逐批地处理,主要生产过程自始至终都在同一设备中进行,每次作业完成,卸出产品或半成品后,重新装入原料,作业周期性地重复。其特征是:过程参数(如反应物相互比例、浓度、温度、压强、反应速率和物系性质等)随反应时间的进行而不断变化,工艺操作条件需要经常地控制和调节。

生产连续与否,可由生产规模和产品的特性而定。一般大、中型化工厂都是连续生产的,而小型,特别是乡镇企业,以间歇生产方式居多。

四、按生产技术的先进程度分类,可分为现代化及技术水平一般的化工厂。现代化的化工厂生产技术采用微机控制,自动化程度很高(如扬子乙烯化学工业公司,北京、金山、安庆石油

化工总厂等)。技术水平一般的化工厂,没有或少有微机控制,大部分生产环节靠常用的仪表或人工控制。

第二节 化工厂的概况

各式各样的化工厂,不论其产品的种类、规模、生产方式或生产技术的先进程度不同,企业的结构基本上是一致的。

一、结构

1. 人:化工生产是靠各种机器设备和各种人员的有机配合来完成的。就人员来分,有党政领导机关人员(如书记、厂长、副厂长等)、工程技术人员(如总工程师、工程师、技术员等)及后勤行政人员(如销售、总务、保卫及办公室的人员等)。所有人员的工作质量都关系着化工厂的兴衰成败。这些人员参与全厂各方面的管理工作,相互配合,分工合作,对全厂的生产秩序、产品质量、销售、经济效益等,起着主要的作用。为使各方面的人员发挥积极作用,消除消极因素,厂里自上而下制定了各种规章制度(职责范围),这些规章制度的贯彻执行,需要及时检查,并及时加以修订,使之精益求精,力争管理上新水平。

2. 财:化工厂的资金,分为固定资产及流动资金两大类。在现有设备的基础上,保证产品质量,降低消耗,降低成本,提高经济效益的高质量管理,即可获得较高的利润。除按规定上交国家外,企业还留有一部分,一方面可以扩大再生产,另外还可以解决职工的福利问题。管好厂里的资金,涉及到厂里每个人的切身利益,是厂里主管部门的职责,也是全厂职工的职责。

3. 物:化工厂中的物资是很多的,一是机器设备。就氮肥厂面言,有钴炉、热交换器、氨合成塔、碳化塔、铜洗塔、脱硫塔、水洗塔、热水塔、煤气发生炉、一氧化碳转化炉、离心水泵、耐腐蚀离心泵、活塞泵、旋涡泵、通风机、鼓风机、压缩机、离心机等。二是各种容积大小、外形、用途不同的容器,有高压、中压和常压容器之分。三是各种不同规格和型号的无缝钢管、中低压无缝钢管、高压无缝钢管,各种型号的钢板等。四是管件,如闸阀、截止阀、止回阀、球阀、隔膜阀、减压阀、疏水器等;各种弯头,异径管、三通、四通、钢制活接头、螺纹短节、丝堵、内外螺纹、管接头、吹扫接头、盲板及各种规格型号的法蘭、螺栓、螺母、垫片等。五是各种仪表等。这些东西有的储存在仓库里,作为备用;有的安装在车间里,维持正常的生产。此外,还有煤、水、原料、半成品及成品等。如何管好这些物资,是衡量工厂经济效益好坏的重要一环。

4. 产:上述的人、财、物都是为生产服务的,而生产是依靠科学技术的。科学技术先进,导致生产过程中技术经济指标先进,原材料消耗降低,水、电、气单耗下降,成本下降。当然,生产的好坏,与设备的完好率、设备效率、各种原材料的合理利用有关。对现有的机器设备,应充分挖掘潜力,使其原材料单耗降低,产量增加,从而企业的经济效益上升。生产不仅与技术水平有关,而且与生产管理也密切相关。随着科学技术的进步,新技术不断出现。应当注意科技动态,尽可能地使用新技术,为提高生产率,保证产品质量,使产品在市场上有较强的竞争能力。管理好生产是一个细致而复杂的工作,应当抓住生产的内在联系,及时解决生产过程中出现的各种问题(包括安全问题)。只有树立全厂一盘棋的思想,克服主观、片面、本位的不良倾向,认识生产,研究生产,总结生产,才能使生产不断出现新局面。

5. 供:化工厂的主要矛盾是生产。为了使生产能顺利地进行,应当及时向生产部门提供所

有的原材料及必要的机器设备,应当有计划地提供检修所需的一切物资,如各种工具、机器设备、管件法兰、油漆、保温材料等,以利检修顺利进行,保质保量地完成维修任务。供应部门是生产部门的后勤,应当全心全意地为生产服务。

6. 销: 化工厂生产出来的合格产品,在满足用户要求的前提下,应尽快地销售出去,避免压库,使流动资金受阻,妨碍生产。销售渠道畅通与否,直接影响产量,也影响企业的经济效益。尤其在当前市场竞争激烈的情况下,保证产品质量,是企业的命根子,也是保证产品顺利销售的一个重要环节。保证产品质量,降低产品成本,降低销售价格,是销售渠道畅通的重要手段。

综上所述,人、财、物、产、供及销等六方面是化工厂的重要组成部分。只有在有关的职能部门中(如生产科、财务科、人事科、销售科等),建立各种规章制度,实行全面质量管理,(它是一项综合、系统的管理),才能使产品的质量有保证,才能提高企业的精神面貌及整个企业成员的素质,提高企业管理水平及职工的福利待遇。

二、化工厂包括的专业技术

化工厂中的专业技术较多,分工具体又明确。总体上包括以下几个方面:

1. 化工工艺专业。该专业是化工厂的核心专业。它的任务是管理从原料→半成品→成品的加工过程。即采用什么原料,什么技术路线,生产什么产品。采用什么原料,要符合我国国情,就地取材,绝不能搞“无米之炊”。要求原材料价格便宜,来源广泛,运输方便。采用的技术路线,要符合以下原则:生产切实可行,技术先进、设备效率高,经济效益好。由这条技术路线生产出来的合格产品,既要有社会效益,又要有经济效益。

2. 设备专业。为了实现工艺过程,必须使物料通过各种用途不同的化工机器和设备(如塔、容器、反应器、泵、机等)。设备专业的人员应当对化工设备的作用、构造、材料、性能、制造工艺、操作条件、安装、检修等有深刻的了解。生产正常时,应保证设备的完好率,提高生产能力时,应充分挖掘设备的潜力,保证设备运行可靠、安全、高效。

3. 自动控制专业。化工生产的好坏,人们通过肉眼是看不见的。必须依靠各种仪表(如温度计、压力表、真空表、流量计等)显示设计参数,甚至通过微机来控制生产,使工艺过程沿着既定的技术路线顺利进行。自动控制专业是为工艺专业服务的。工艺先进必须有先进的检测手段,该专业人员应懂得各种仪表的构造、作用、原理、用途、维修和管理等。

4. 给排水专业。化工生产是伴随着化学变化的,化学变化必然伴随着热效应(吸热或放热)。为了使反应在一定的温度条件下进行,这就需要从反应系统中移走热量或向反应系统中补充热量,前者是通过低温水或常温水去冷却,带走系统的热量,而后者多半是用水蒸气来补充热量。要向车间输送地表水(给水),必须在水源附近,建立泵房,通过泵将水输送至管网,然后送至车间。离开车间或设备的水(排水)是有一定温度的热水,随着水温高低不同,处理方法不同。有循环冷却的(自然冷却),有作生活用水的(例如浴室、食堂等)。如有与生产物料直接接触的污水,必须经过处理,达到国家的排放标准,方可排放。工业废水最高容许排放浓度见附录 1-1, 1-2。给排水专业管理全厂的水管网、水量、水温、水质、水处理(锅炉用水、污水)及水泵房等。

5. 电气专业。化工厂里有各种传动设备,需要电源启动(动力用电),车间及公共设施用电(照明用电)及各种仪表正常运转所需的电(弱电),所有这些用电属于电气专业人员的职责范围。然而,不论动力用电、照明用电或弱电都是通过高压线,经变电所(变压器),再经配电盘送

往车间或公用设施的。电气专业分管供配电、电缆、电网,各车间的动力用电负荷,照明负荷、电表、控制及维修等。

6. 供热供汽专业。蒸气是由锅炉产生的。化工厂的热源主要是蒸气,因此都有锅炉房。根据全厂用气量的不同,锅炉房设置的锅炉型号、吨位、台数也不同。蒸气属加热剂。根据车间需要的不同,有常压蒸气、低压蒸气、高压蒸气及过热蒸气。水蒸气是靠水产生的,必须是软水,而一般的地表水是硬水(含有钙、镁离子等杂质),必须经过离子交换树脂处理后,才能送至锅炉产生蒸汽,否则会在锅炉内产生水垢,使其受热不均匀,产生局部应力,引起锅炉爆炸。因此锅炉房一般都设有水处理工序。蒸气送至车间,起加热作用后,自身被冷凝,变成冷凝水。从节能的观点出发,冷凝水应回收利用,再送至锅炉产生蒸气。分管热:(供气)的人员,应了解用户(车间)的用汽量,气压及厂区供汽管网,外管支架、保温等。

7. 土建专业。化工厂是由车间、辅助车间及管理生活福利等设施构成。厂房(车间)均有各种用途不同的机器和设备,根据工艺要求不同,有的设备放在室外,节约建筑造价,有的放在室内。有的层数多、厂房高;有的层数少,厂房低,跨度、开间也各不相同。厂房结构有钢筋混凝土结构、钢结构、混合结构或砖木结构。土建专业人员应了解当地层的地耐力,地质情况、地下水源标高、风向、气候、厂房各层的负荷(动载荷、静载荷)、基础、门、窗、楼梯等,并处理好厂房的建筑形式及结构。

8. 总图运输专业。对于化工厂各车间的布置,尽可能做到少花钱、实用、美观、各种设施(如办公楼、仓库、食堂等)布置合理,生活区与生产区隔开,车间布置合理,符合工艺物料路线。车间轴线取平,主干道、支干道明显,人流、车流路线分开,横向、竖向布置合理等。此外,厂区还应考虑绿化。在生活区还应考虑工人下班后休息游玩的场所。

上述八个专业构成了化工厂生产技术的有机整体,它们之间分工不同,但有内在联系。只有互相配合,才能使生产更趋合理。

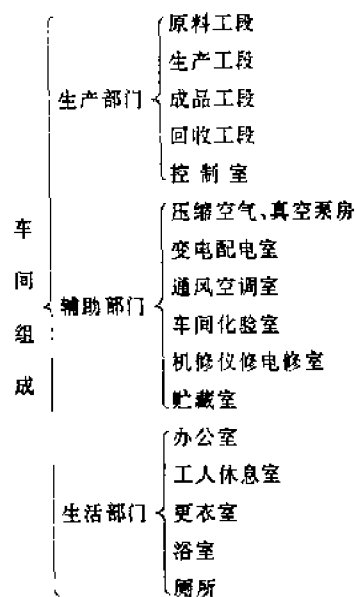
三、厂房

化工厂一般都有以下建筑物

1. 生产用建筑物——车间(进行生产、工艺操作用的建筑物)。
2. 辅助生产用建筑物——与车间有关,为生产服务,如机修车间、电修车间等。
3. 动力用建筑物——如发电站、锅炉房等。
4. 仓库用建筑物——如原料仓库、成品仓库等。
5. 运输用建筑物——如汽车库、电瓶车库等。
6. 水净化设施——如水泵房、净水建筑物等。
7. 管理及生活福利用建筑物——如办公室、医务室、食堂、宿舍等。

四、车间组成

化工厂是由各个车间组成的。根据生产流程、原料、中间体、产品的物化性质及它们之间的关系,考虑应设几个生产工段,需要哪些辅助、生活部门。现将车间组成综合概括如下:



第三节 建化工厂的方法和步骤

建化工厂的主要程序是：确定方案、设计、施工、试车、生产。

其具体作法是：①上级领导机关下达建厂任务，使用什么原料、生产什么品种、产品规格、工厂规模、工厂建设地点（地区）、竣工日期及设计期限等；②建设部门根据上级的指示，进行调查研究。调查研究的范围很广，有作市场调查的，了解该产品的供需情况；有作生产技术调查的，了解同行业的生产技术情况；有作文献调查的，了解国内外有关情况；还有实验研究的，掌握技术可靠程度，提出几种方案，经过比较，确定生产该产品的技术路线。③向上级汇报有关情况，写出可行性报告，内容包括原料、生产技术路线、产品销路、经济效益分析及该产品对环境是否有污染等。④得到上级批复后，组织筹建班子，由领导、工程技术及后勤三方面人员组成。⑤根据确定好的技术路线，委托设计部门作设计，要求技术可靠且先进，设备效率高，经济效益好，并提出有关方面的图纸、技术文件、材料汇总及投资概（预）算。⑥厂址选择，在进行厂址选择时应考虑：a. 靠近原材料供应及产品的销售地区；b. 厂址地区应具有较好的交通运输条件，年运输量为 10 万吨以上的化工厂应铺设铁路专用线并与铁路正线接轨，专用线尽量不经过桥梁，涵洞且尽可能地短，节约投资；c. 有充足的水源，保证化工厂用水；d. 靠近高压线或热电站，用电方便；e. 气候、地质（地耐力 1.5kg/cm^2 以上）、风向、地下水位；f. 厂址不占或少占农田；g. 有处理污水的场所，排入江河的水一定要符合国家排放标准（农业、水产及卫生）；h. 厂址不宜建在地震区；i. 应考虑发展余地等。考虑了各种因素，厂址一经选定后，再想变更是很困难的。因为在勘察设计工作和厂区的开拓中，随着有一笔资金的支出和时间的损失，因此新建企业在厂址选择批准之前要对一切影响建设的经济条件的基本问题进行极为慎重的分析。有关厂址选择的详细情况，见第三章。⑦安排施工队伍；施工、放线、打基础、盖厂房，同时设备加工订货。联系定型设备及材料的定货单位，联系非定型设备的加工单位。⑧安装：设备就位、工艺配管、公用工程（水、电、汽）、安装及管道支架、油漆、保温等。⑨试压、试漏。用水试压、检查设备、管道、管件、阀门、仪表等的安装质量，是否符合安装规范，是否有跑冒滴漏现象，发现

问题,及时解决。⑩单体试车:操作工人和技术人员就位,用空气或水有计划,有步骤地逐一检验设备或管道的运行情况,测定有关数据如温度、压力、流量及真空度等是否符合设计要求。⑪联动试车:操作人员和技术人员就位,例班、听指挥、检查各个工段,各个车间有关机器和设备的运行情况,车间之间、工段之间、设备之间的协调作用及各个参数是否符合设计要求。⑫试生产:如果经过联动试车后,各方面的情况正常,可以投料,试生产一段时间。在此阶段中,进一步考查各个设计参数是否符合设计要求。试生产的时间可长可短,长的一个月,短的几天或更短(如乡镇企业),由具体情况而定。⑬生产:如果试生产正常,技术稳定,行之有效,产量达到设计要求,产品质量合格,在此基础上就可以制定各个岗位,各工段、各车间的工艺操作规程,建立各种责任制。操作工、工程技术人员,管理人员各负其责,备足原材料,做好生产前的准备工作,在上级领导机关的指示下,可以投入生产。

综上所述,建立化工厂的步骤共 13 步,有的方面可酌情增减,但建厂内容基本上是这些。由此可见,建立一座化工厂的工作是很细致而又复杂的。只要思路清晰,各方而互相配合,分工合作,有步骤、有计划地去作应该作的事,化工厂是可以顺利而迅速地建立起来的。

复习思考题

1. 简述化工厂的概况。
2. 简述建化工厂的方法和步骤,并说明设计在建设化工厂中的作用。

第二章 化工设计的基本知识

由第一章第四节得知,化工厂中包括的专业技术较多,而工艺设计是化工设计环节中最先进行的一项工作,起着主导的作用,其他专业项目的设计都是围绕工艺设计进行的。只有与非工艺专业设计项目相配合,才可能完成整个化工厂或车间的设计工作。工艺设计的内容多,牵涉面广,既要体现党和国家的方针政策,又要合理有效地利用资源和财富。根据我国具体情况因地制宜、实事求是地采用先进的科学技术,作到经济上合理。化工设计综合地反映出一个国家的科学技术水平。没有正确的设计就不可能合理地组织施工,即不能保质保量按期完成建设任务。化工设计直接关系到企业的布局、技术发展水平和生产管理。因此对于一个设计者来说,责任之大是不言而喻的。

第一节 化工设计的分类

化工设计单位所作的化工厂设计一般分三种,即通用设计、“因地制宜”设计和工程设计。

(一)通用设计:是为全国或一定地区推广使用而编制的设计。(例如1958年全国小氮肥厂设计)。当建厂使用此设计时,须结合当地具体情况进行修改。现在设计单位对通用设计一般均不强调。

(二)“因地制宜”设计:是在采用通用设计时,根据建厂地区的具体情况对通用设计修改补充后所编制的设计(例如县级氮肥厂的设计)。

(三)工程设计:是在没有通用设计时为新建企业所编制的设计。

上述三种设计,按建厂规模大小可分为大中型企业和小型企业及乡镇企业的设计。上述几种设计又可分为以工厂为单位和以车间为单位的两种设计。

第二节 技 术 经 济

技术经济是指生产技术方面的经济问题,即在一定的自然条件和经济条件下,采用什么样的生产技术在经济上比较合理,能取得最好的经济效益。技术经济分析需要对不同的技术政策、技术方案、技术措施进行经济效益的评价、论证和预测,力求达到技术上先进和经济上合理,为确定对发展生产最有利的技术提供科学依据和最佳方案。

我国四个现代化的建设,特别是大型项目的建设,技术上要求很高,工程的综合性极强,从资源开发、厂址选择、工艺选择、专业协作、设备配套到产品的销售都涉及到大量的技术经济问题。因此,在项目开工之前,全面地、深入地做好技术经济分析工作,选择可靠的最佳方案,是社会主义建设中的战略性步骤,是决定项目命运,保证项目建设顺利进行,提高项目经济效益的根本性措施。

现就项目建设前期的技术经济工作概括介绍如下:

建设前期技术经济工作国内外的作法不完全一致。国外分为机会研究、初步可行性研究、

可行性研究、评价及决策几个阶段。国内分为项目建议书、可行性研究、设计任务书和初步设计几个阶段。

一、国外作法

1. 机会研究

机会研究即项目意向。机会研究报告应对几个投资机会或项目意向提出建议。根据资源和市场情况寻求可行的投资机会。机会研究的一般内容有：

- (1)自然资源情况。
- (2)现有农业格局(与农业有关的项目如糖厂、农副产品加工厂等)。
- (3)由于人口和购买力增长引起的产品销售增长的潜力。
- (4)进口情况及可以取代进口商品和出口的可能性。
- (5)现有企业扩建的可能性。
- (6)多种经营的可能性。
- (7)现有小型企业扩建到合理规模的可能性。
- (8)发展工业的政策。
- (9)生产要素的成本和可能性。

机会研究是比较粗略的。主要依靠情报资料进行合理的估计,而不用详细计算,也可参考现有建设项目有关数据进行估计。

2. 初步可行性研究

初步可行性研究亦称预可行性研究或可行性初步研究。初步可行性研究是机会研究的深入,逐步明确投资决策。其目的是要做出以下决定:

- (1)分析机会研究结论,并在详细分析资料的基础上做出投资决定。
- (2)是否应该进行下一步的可行性研究。
- (3)项目中哪些关键问题需要做辅助性的专题研究。
- (4)判断该项目是否有生命力。

如果机会研究数据充分可靠,也可越过初步可行性研究,直接进入可行性研究。

3. 可行性研究

可行性研究是建设项目投资决策的基础,是对项目进行深入的技术经济论证,其内容要点如下:

- (1)项目的背景和历史。
- (2)市场需求预测和工厂建设规模。
- (3)资源、原材料、燃料及公用设施情况。
- (4)建厂条件和厂址方案。
- (5)项目的技术方案。
- (6)环境保护。
- (7)工厂的机构、管理和定员。
- (8)项目的实施计划和进度要求。
- (9)财务和经济评价。
- (10)评价结论。

以上说明,机会研究和初步可行性研究是为进行工程项目建设与否提供科学依据。可行性研究则是为如何进行工程项目建设提供科学依据。一般来说,确定一个工程项目,先要做机会研究,获得可行的结论,进而做初步可行性研究;如果认为不行,则就此作罢。

经过初步可行性研究认为可行,进而转入可行性研究阶段;如果认为不可行,也就“到此止步”。但是,这个步骤不是绝对的,主要看有关工程项目建设的诸问题是否已经明朗化,把握性怎么样。如果把握性很大,那就可以越过机会研究和初步可行性研究阶段,直接进行可行性研究。

二、国内作法

1. 项目建议书

根据国民经济和社会发展的长远规划,结合矿藏、水利等资源条件和现有生产力分布,在广泛调查、收集资料、踏勘厂址、基本弄清建厂的技术经济条件后,提出具体的项目建议书,向国家推荐项目。其主要内容有:

- (1)项目名称。
- (2)项目内容与申请理由。
- (3)进口国别与厂商。
- (4)承办企业的基本情况。
- (5)产品名称,简要规格与生产能力及销售方向。
- (6)主要原材料、电力、燃料、交通运输及协作配套等方面的近期和今后要求及已具备的条件。
- (7)项目资金的估计与来源。
- (8)项目的进度安排。
- (9)初步的技术经济分析。

2. 可行性研究

项目建议书经综合部门平衡,筛选后,要进一步做好资源的补充勘探、工程地质、水文地质勘探、地形测量、地震气象、环保资料的收集以及科学研究、工程工艺技术试验等工作,并按照国家规定的内容对项目进行可行性研究论证,分析建设项目在经济上是否合理,技术上是否先进,条件上是否可行,经过方案比较,选择最佳方案,编写可行性研究报告,为项目的决策提供依据。其内容要点如下:

- (1)总说明。
- (2)承办企业的基本情况与条件。
- (3)生产规划。
- (4)物料供应规划。
- (5)厂址选择。
- (6)技术与设备。
- (7)生产组织、劳动定员、人员培训。
- (8)环境污染的防治。
- (9)项目实施的综合计划。
- (10)资金的概算和来源。

(11)经济分析。

3. 设计任务书

总之,无论国内还是国外,可行性研究在项目建设前期是一个关键阶段。在此阶段要对工程项目建设提供技术、经济、商业等方面的依据,保证在建设时期能最大限度地节省时间和资金,在生产经营时期获得最大的投资效果。

在可行性研究中,必须为拟建项目选择经济合理的工艺技术路线,并对整个项目作出经济评价,以作为决策的依据。要搞好经济评价,必须先做好项目的建设投资和生产成本的估算(见第九章)。

第三节 设计任务书

在可行性研究的基础上,按照上级审定的建设方案,落实各项建设条件和协作配合条件,审核技术经济指标(见附录 2-1),比较并确定厂址,落实建设资金,由建设单位的主管部门编写设计任务书。它是上级主管部门发给设计院(室)的指示性文件及设计工作的根本依据。它提出了设计原则、要求和其他一些规定。其主要内容如下:

- (1)建设的目的和依据。
- (2)建设规模、产品方案或纲领,生产方法或工艺原则。
- (3)矿产资源,水文地质和原材料、燃料、动力、供水、运输等协作条件。
- (4)资源综合利用和环境保护,“三废”治理的要求。
- (5)建设地区或地点,以及占用土地的估算。
- (6)防空、抗震等的要求。
- (7)建设工期。
- (8)投资控制数。
- (9)劳动定员控制数。
- (10)要求达到的经济效益。

设计单位接受设计任务书后,必须认真地研究和领会任务书的内容和要求,构思设计的轮廓,考虑收集资料和设计分工。同时,也可以提出建议,反映存在的问题等。

第四节 化工设计阶段

一、初步设计阶段

根据设计任务书,对设计项目进行详细调查研究后,提出对该设计在技术上的可能性和经济上的合理性并编写初步设计说明书。

二、技术设计阶段

根据已批准的初步设计,解决初步设计中的主要技术问题,使之进一步明确、具体。在技术设计阶段中,应编写技术设计说明书和工程概算书。根据技术设计,即可进行一切不需要施工蓝图的各项准备工作,包括工厂设备及主要基建材料的加工订货和施工准备工作等。

三、施工图设计阶段

根据已批准的技术设计(或扩大初步设计)进行施工图设计。它是施工的依据。在此设计阶段中,设计成品是详细的施工图纸和必要的文字说明书以及工程预算书等。

对于大型的技术比较复杂或比较新型的工厂,一般按上述三个阶段进行设计。而对于技术上比较简单,生产规模较小,设计比较成熟的工厂或车间,可直接进行最后一个阶段的设计即施工图设计。对于技术上比较成熟的中小型企业,为了简化设计,缩短设计时间,一般按两段设计进行,即技术设计和施工图设计或扩大初步设计(将技术设计的主要部分并入初步设计中)和施工图设计。

总之,设计阶段的划分,须视上级的要求,工程的具体情况,设计力量和设计成熟与否等条件来决定。目前,国内的化工设计,一般分为两个阶段,即扩大初步设计和施工图设计。扩大初步设计内容和技术设计内容接近,它应满足初步设计和技术设计的要求。但设计说明书内容的深浅介于技术设计和初步设计之间。

第五节 各专业的设计内容

在一个现代化的化工企业中,正如第一章所述,是由八个专业(即工艺、设备、土建、水、电、气、自控及总图)所组成,是由这几方面的专业人才联合组成一个总的机构来进行设计的。现将有关专业的设计内容分述于后:

一、工艺专业

化工工艺设计是化工厂中设计的主要内容,其他各专业设计与之配合且为它服务。化工厂设计的优劣在很大程度上取决于化工工艺设计。设计思想是否解放,生产方法是否先进,各车间的技术经济指标是否先进,原材料消耗、水电气单耗、成本能否降低,产品质量是否有保证等都与经济效益直接相关。在当前市场经济迅速发展的时机,根据市场需要,选择对路的化工产品,是企业首先需要考虑的问题。因此化工工艺设计,是对设计人员的综合考核。只有先进的科学技术,才能符合当前形势的要求,生产出的产品在市场上才有竞争力。化工工艺设计的内容包括:

- (1)生产方法的选择。
- (2)工艺流程的确定。
- (3)物料衡算和能量衡算。
- (4)设备的选择和计算。
- (5)车间的布置和设计。
- (6)化工管路设计。
- (7)其他非工艺项目的考虑。
- (8)编制设计说明书。
- (9)编制概(预)算。

图纸方面主要有工艺方案流程图、施工流程图、物料衡算图、设备布置图(平、立面)、管路布置图等。

二、设备专业

根据工艺的要求,计算并选定计量和贮存设备的容积,选定某些定型设备和标准设备的型号及规格,并绘制非定型设备的施工图,其内容包括:

(1)视图:用一组视图表示该设备的主要结构形状和零部件之间的装配连接关系。视图用正投影方法,按国家标准《机械制图》的要求绘制。视图是图样的主要内容。

(2)尺寸:图上注写必要的尺寸,以表示设备的总体大小、规格、装配和安装等尺寸数据,为制造、装配、安装、检验等提供依据。

(3)零部件编号及明细栏:组成该设备的所有零部件必须依次编号,并用明细栏(在主标题栏上方)填写每一编号零部件的名称、规格、材料、数量、重量及有关图号或标准号等内容。

(4)管口符号和管口表:设备上所有的管口(物料进出管口、仪表管口等),均需注出符号(按汉语拼音字母顺序编号)。在管口表(明细栏上方)中列出各管口的有关数据和用途等内容。

(5)技术特性表:用表格形式列出设备的主要工艺特性,如操作压力、温度、物料名称、设备容积等内容。

(6)技术要求:用文字说明设备在制造、检验、安装、材料、表面涂饰、包装和运输等方面的特殊要求。

(7)标题栏:用以填写该设备的名称、主要规格、作图比例、设计单位、图样编号,以及设计、制图、校审人员签字等内容。

(8)其他:化工设备图上往往还有图纸目录、附注、修改表、选用表等内容。

管口方位图是供制造设备时确定各管口方位,管口与支座,地脚螺栓等相对位置,也是设备安装时,确定安装方位的依据。这种图是工艺专业向设备专业提条件用的,也是工艺专业施工图设计阶段的成品之一。图 2-1 为某设备的管口方位图。其内容包括视图(表示设备上各管口的方位情况)、尺寸标注(表示各管口及有关零部件的安装方位角)、方位标(表示安装方位基准的图样)、管口编号及管口表(对应表示各管口的有关情况)及标题栏(注写图名、图号等)。

这种图一般由工艺人员绘制,交设备人员会签,并附入有关设备图。

三、自动控制专业

在化工装置中,要用各种仪表(流量计、液面计、温度计等)监测关键的工艺参数,使工艺参数保持在安全的操作范围内;提供报警和自动停车系统,检测危险情况;提供连锁和报警设施,防止危险操作。这些仪表可以组成自动控制回路,也可成为自动计算机数据记录系统的一部分。除了自动控制以外,还有人工监测和化验室分析等手段。其目的是达到设计的产量,保证产品的质量及在最低的生产成本下操作。

自动控制专业与工艺专业之间的关系密切,尤其在现代化生产中更是如此。自动控制设计人员必须提出符合工艺要求的测量仪表(如温度计、压力计、流量计、液位计等)、信号、线路图、控制室。还要与工艺专业人员合作,完成带控制点工艺流程图,并提出仪表安装、使用和维修应注意的事宜。

四、给排水及采暖、通风、排风专业

给排水、采暖、通风、排风等项目是化工设计的内容之一,它也是根据工艺提出的条件而设

计的。供水是指生产用水、生活、消防及化验室用水、提出供水管网、管径、用户的最大和平均用水量、连续或间歇用水、供水点的标高等。排水是指离开车间的水，提出管网并说明水量、水管直径、水温、水的成分，连续或间歇排水等。如产生有害物质的污水，需经处理，符合规定的排放

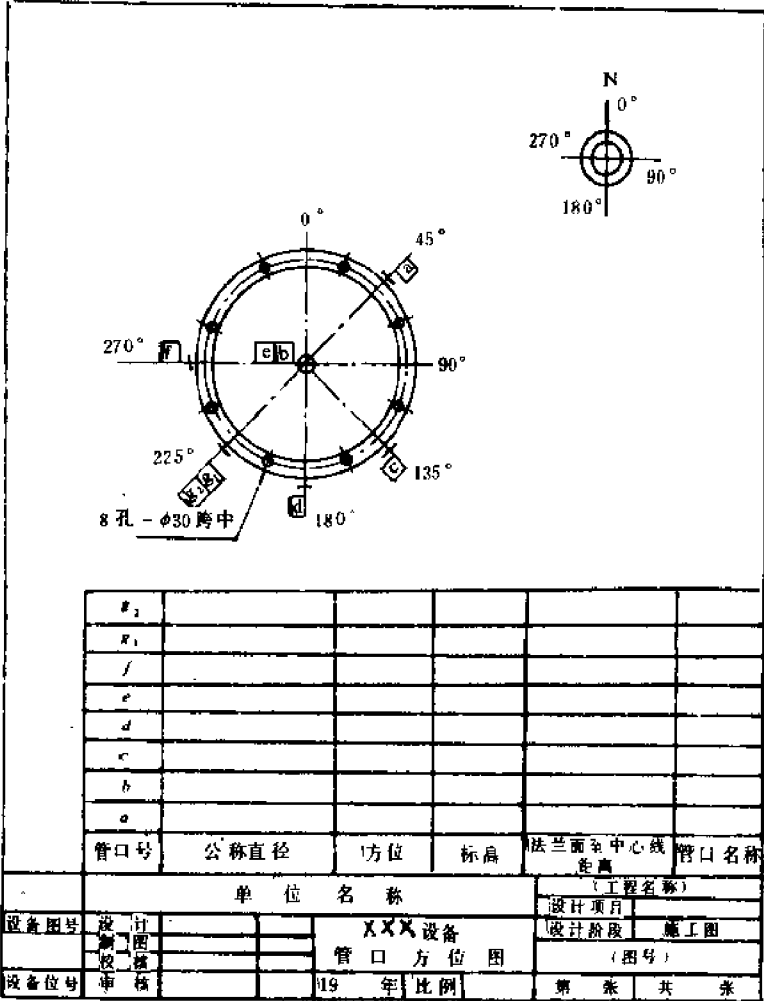


图 2-1 管口方位图

标准后，方可排放。工业废水中有害物质分为两类：一类是能在环境或动植物体内积存，对人体健康产生长远影响的有害物质。含此类有害物质的废水，在车间或车间处理设备排出口，应符合附录 1 1 规定的标准，但不得用稀释方法代替必要的处理。另一类是其长远影响小于第一类的有害物质，在工厂排出口的水质应符合附录 1-2 的规定。

有的车间(例如农药、染料等)生产某种化工产品的同时，还产生有害物质的气体，恶化操作环境，危害工人的身体健康。车间空气中有害物质的最高容许浓度见附录 2-2。如产生有害物质，须经处理，达到规定的排放标准后，方可排放。我国制定了对人体有危害的十三类物质的排放标准，见附录 2-3。为了使车间的气温降低，并除去有害气体，应采取适当的通风、排风措施。

有的设备需要在特定条件下操作(例如室温)，冬天气候寒冷，对设备不利，同时对工人的操作环境也不利。为此应考虑采暖措施。

五、电气专业

电气工程包括动力电、照明、避雷、弱电、变电、配电与化工生产车间关系密切。由于变配电属于电气工程的业务范围,这里不打算叙述。其他与化工车间有关的,可以根据工艺要求,生产特性及装机容量,提出电力用电负荷,电动机台数、型号、防爆等级、功率、转数、电缆走向,并提出厂内供电设计的原则,附供电线路图,弱电装置系统图。照明用电涉及到车间及生活设施的照明(如灯具位置、照度、防爆等级、特殊要求的事故照明、检修照明等)。另外,还应提供弱电电源(如仪表、火警、警卫、行政电话、调度电话等)及高层厂房的避雷措施。

六、供热(供气)专业

根据工艺要求,设计并选择锅炉的台数、型号、气量、气压并提出厂区外管图,支架、有关的保温材料及锅炉用水的处理。锅炉可以选用标准设备,但锅炉房的布置,可作因地制宜设计。锅炉房应布置在用气量大的车间旁边,可以缩短管道,减少热损失。另外,宜布置在厂区常年主导风向的下风侧。这样,既不影响生产,又不影响生活。

七、土建专业

土建包括建筑及结构两个方面。土建专业人员,接受工艺条件后,考虑车间的房屋结构、厂房高度、层数、跨度、防火、防腐。地面(或楼面)的材料、坡度、楼板上的负荷、预留孔、门、窗、楼梯及其他要求等,并绘制厂房建筑图(包括外形图及剖面图)。建筑设计完毕后,由结构专业人员,根据工艺要求的负荷,计算基础、楼板、梁、柱等受力构件。除了生产厂房外,还要提出辅助车间以及生活设施的处理原则及其基本技术决定(包括机修车间、电修车间、中心化验室、控制室及仓库等)。要求厂房实用、美观、大方。

八、总图运输(简称总图)专业

厂区布置实质上是考虑生产车间、辅助车间、生活管理设施、道路等的合理布局。根据生产特性及厂区的自然条件和外部条件,合理地布置机器设备,以便获得最佳的物料和生产人员的流动路线(实际上是一个运输问题)。根据工艺过程的特点,总图专业与其他有关的专业人员一起,讨论并确定厂区的布置方案,然后由总图专业人员设计,绘制厂区总平面布置图及竖向布置图(确定建筑物、构筑物、道路等的标高,利用自然地形,使土方工程量最小),既考虑生产又考虑生活,厂区主干道与支干道明显,人流车流分开。在运输方面,主要叙述厂内外运输的合理性。总之,总图专业应使厂区布置合理,少花钱,多办事,办好事。

第六节 作化工工艺设计必须具备的知识

一、工艺方面的知识

所谓工艺就是选择切实可靠的生产技术路线,由原料→半成品→成品的加工过程。各种化工产品都有自身的工艺路线,例如合成氨生产,其工艺路线为:造气→原料气净化→变换→压缩→精炼合成。硫酸、硝酸、塑料、无机物、染料中间体、制药、硅酸盐等都有自身的工艺路线。工

艺设计人员应当熟悉产品的工艺流程,力求工艺流程短,生产技术先进,设备效率高,经济效益好。工艺设计人员,对各种化工产品的工艺流程并不完全熟悉,可以通过调查、参观,查资料,实验,作计算,逐渐掌握。工艺设计人员对生产过程中物料的物理化学性质,各种理化数据应当彻底明了,切不可一知半解,否则会造成设计走弯路,甚至返工,延误设计时间造成经济损失,对工程建设不利。

二、工程方面的知识

“化学工程”或“化工原理”课程中谈到了化学工业中许多单元操作例如传热、吸收、精馏、干燥等。这些单元操作,可以根据它的原理,掌握其计算方法。工艺设计人员,当需要某个单元操作时,可以查书,查化工设计手册,熟悉有关化学工程的原理和计算方法。计算结果和采用的设备直接关系到工艺过程是否先进、是否行之有效。因此,化工系的学生,为什么要学“化工原理”或“化学工程”,其原因在此。掌握了化学工程方面的知识,才能为化工工艺设计奠定良好的基础。

三、设计方面的知识

当设计者接受一个工艺设计项目时,从何下手,如何少走弯路,提高效率?在此过程中,一方面需要工艺和工程的知识,另一方面也需要设计经验,两方面结合起来,才能如实地反映客观情况,作出合理的设计。从这个意义上说,设计人员经常接触实际,积累经验是很有益处的。闭门造车,是作不出符合实际的设计的。当然要作好化工设计,不仅需要实践经验还要掌握设计内容、方法、步骤和技巧。有关这方面的内容,本书以后各章将予以讨论。因为设计方法、步骤和技巧,涉及面很广,只能通过学习、实践、逐渐掌握,不断地积累设计经验,才能收到良好的效果。

第七节 化工设计中的建筑知识

以后的章节将要介绍的设备布置设计与管路设计(二者总称为车间布置设计)与土建设计有密切的关系。工艺设计人员经常与土建设计人员打交道,为了与土建专业设计人员有共同语言,现将土建方面的知识概括介绍于后:

一、建筑构造

组成建筑物的构件有:地基、基础、墙、柱、梁、楼板、屋顶、隔墙、楼梯、门、窗及天窗等。

1. 地基

建筑物的下面,支承建筑物重量的全部土壤称为地基。地基必须具有必要的强度(地耐力)和稳定性,才能保证建筑物的正常使用和耐久性。否则,将会使建筑物产生过大的沉陷(包括均匀的)、倾斜、开裂以致毁坏。所以必须慎重地选择和处理建筑物的地基。若土壤具有足够的强度和稳定性,可直接砌筑建筑物,这种地基称为天然地基。反之,须经人工加固后的土壤称为人工地基。人工加固土壤的方法大致有换土法、桩基(钢、钢筋混凝土桩)法、水泥灌浆法等。

2. 基础

基础是建筑物的下部结构,埋在地面以下。它的作用是支承建筑物,并将它的荷载传到地

基上去。建筑物的可靠性与耐久性,往往取决于基础的可靠性与耐久性。因此,必须慎重地处理建筑物的基础。基础的材料有砖、毛石、混凝土、毛石混凝土和钢筋混凝土等。设备的基础材料,通常用混凝土或钢筋混凝土。

3. 墙

墙按材料分有:普通砖墙、空心砖墙、石墙、混凝土墙及钢筋混凝土墙等。通常采用普通砖墙。空心砖墙用于隔音的场合。

按墙的位置可分为外墙和内墙。外墙除承重要求外(也有不承重的外墙),还起围护和保温等作用。

按使用情况可分为承重墙、不承重墙、隔墙、防火墙及防爆墙等。承重墙是承受屋顶、楼板等上部的荷载,并将荷载传递给基础的墙。承重墙常用的材料是砖砌体,用砖和砂浆胶结材料(石灰砂浆、水泥砂浆)砌筑成一个整体,一般承重墙的厚度是24cm(一砖厚)、37cm(一砖半厚),较厚的用49cm(二砖厚),墙的厚度主要考虑强度要求和保温条件。不承重墙仅起围护、分隔、保温、隔热、隔音等作用。防火墙是把生产部分与引火部分隔离。防火墙常用砖、混凝土或钢筋混凝土等制造。防爆墙的材料可用砖或钢筋混凝土制成,防爆砖墙用厚37厘米或24厘米的配筋砖墙和20厘米以上的钢筋混凝土墙。

4. 柱

柱是建筑物中垂直受力的构件,靠柱传递荷载到基础上去。柱要用高强度材料来制造。强度大,构件截面积小,设备布置方便。

按材料可分为木柱、砖柱、钢柱和钢筋混凝土柱等。化工厂中常用的是钢筋混凝土柱及砖柱。按柱的截面形状分有圆形、方形、矩形、工字形等。按柱所处的位置可分为,外柱及内柱。

5. 梁

梁是建筑物中水平受力构件,它与承重墙、柱等垂直受力构件组合成建筑结构的空间体系。梁不仅起着承受荷载和传递荷载的作用,而且起着联系各构件的作用,增加建筑物的刚性和整体性。梁有屋面梁、楼板梁、平台梁、过梁、圈梁、连系梁、基础梁及吊车梁等。

6. 楼板

楼板是将建筑物分层的水平间隔。它的上表面为楼面,底面为下层的顶棚(天花板)。楼板应有强度、刚度、最小结构高度、耐火性、耐久性、隔音、隔热、防水及耐腐蚀等,且经济合理、施工方便。钢筋混凝土楼板是化工厂车间及民用建筑常用的楼板。有时为了满足工艺设备布置的要求,需要在楼板上开孔,应预先留出,否则待楼建成后,再去穿凿,一方面工作难度大,另一方面而影响结构的坚固性。

7. 屋顶

屋顶的作用主要是保护建筑物的内部,防止雨雪及太阳辐射的侵入,使雨雪水汇集并排出,保持建筑物内部的温度等。屋顶是由承重结构(梁、屋架梁、屋架、条等)和围护结构(屋面板、保温层、防水层等)所组成。屋顶的形式可分为平顶、单坡、双坡、四坡、多坡、拱顶及各种壳体等。屋架采用的材料一般为木屋架、钢屋架、钢筋混凝土屋架等。

8. 地面

地面是厂房建筑中的一个重要组成部分,由于车间生产及操作的特殊性,要求地面防爆、耐酸碱腐蚀、耐高温等,同时还有卫生及安全方面的要求。

9. 门

为了组织车间运输及人流、设备的进出,车间发生事故时,安全疏散等,设计中应合理地布置门。门的数目和大小取决于建筑物的用途,使用上的要求,人的通过数量和出入货物的性质与尺寸,运输工具的类型以及安全疏散的要求等。按材料可分为,木门、铁门、钢骨架木门、木门外包铁皮等。按开关的方式分,有开关门、推拉门、弹簧门、升降门和折叠门等。按用途分,有普通门、车间大门、防火门及疏散用门等。单扇门的规格(mm):1000×2100,厂房大门的规格(mm):3000×3000,3300×3600,防火门向外开,其他一般向内开。

10. 窗

为了保证建筑物采光和通风的要求,通常都设置侧窗,只有在特殊情况下才采用人工采光和机械通风。窗面积的大小,要根据采光及通风需要、气候因素、建筑形式及经济等方面的因素来决定。为了排除车间中有毒和高温气体,窗的面积不宜太小。窗的类型有木窗和钢窗两种(按开关方式分,有开关窗、翻窗和固定窗)。

11. 楼梯

楼梯是多层房屋中垂直方向的通道,因此,设计车间时应合理地安排楼梯的位置。按使用的性质可分为主要楼梯、辅助楼梯和消防楼梯、按制造材料可分为木楼梯、钢楼梯和钢筋混凝土楼梯。

考虑到人的上下及物件通过的要求,楼梯的宽度一般不小于 1.2m 和不大于 2.2m。楼梯的坡度一般为 30 度。楼梯踏步高度为 150~180mm,踏步宽为 270~320mm。在同一楼梯上踏步的高度及宽度应相同,否则容易使人摔倒。

二、建筑物的结构

建筑物的结构有砖木结构、混合结构、钢筋混凝土结构和钢结构等。现分别简述于后:

1. 钢筋混凝土结构

由于使用上的要求,需要有较大的跨度和高度时,最常用的就是钢筋混凝土结构形式。一般跨度为 12~24m。钢筋混凝土结构的优点:强度高、耐火性好,不必经常进行维护和修理,与钢结构比较可以节约钢材。化工厂经常采用钢筋混凝土结构。缺点:自重较大,施工比较复杂。

2. 钢结构

钢结构房屋的主要承重结构件如屋架、梁柱等都是用钢材制成的。优点:制作简单、施工较快。缺点:金属用量多,造价高并须经常进行维修保养。

3. 混合结构

混合结构一般是指用砖砌的承重墙,而屋架和楼盖则用钢筋混凝土制成的建筑物。这种结构造价比较经济,能节约钢材、水泥和木材,适用于一般没有很大荷载的车间。它是化工厂经常采用的一种结构形式。

1. 砖木结构

砖木结构是用砖砌的承重墙,而屋架和楼盖用木材制成的建筑物。这种结构消耗木材较多,对易燃易爆有腐蚀的车间不适合,化工厂很少采用。

三、厂房建筑的图示内容

图 2-2 为一双层厂房的立体图和建筑图。厂房建筑图也是按正投影原理绘制的。

1. 建筑物的视图

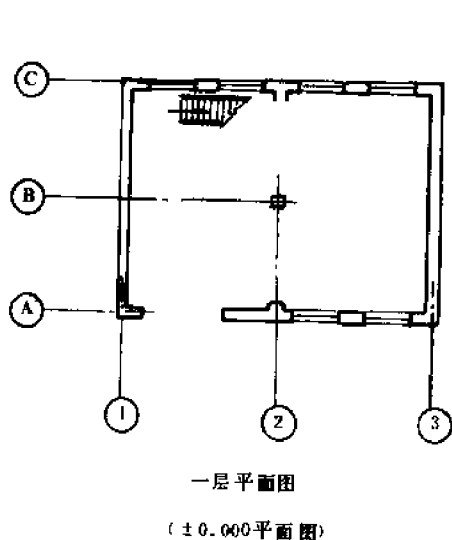
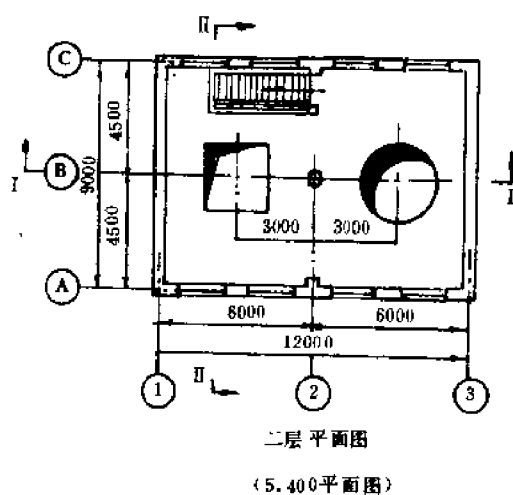
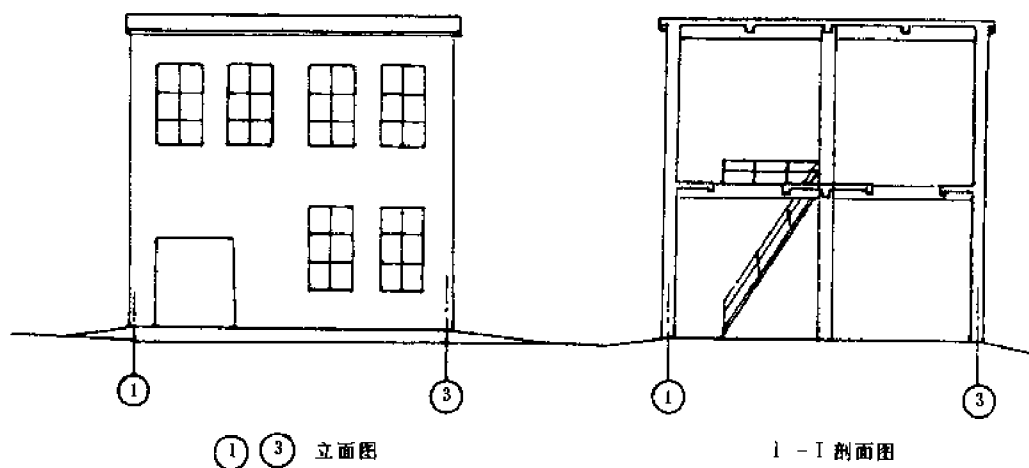


图 2.2 厂房建筑图

表达建筑物正面外形的主视图称为正立面图,侧视图称为左或右侧立面图。将正立面图或侧立面图画成剖视图时,一般将垂直的剖切平面通过建筑物的门、窗。这种立面上的剖视图称为剖面图。如图 2-2 中的 I-I 及 II-II 剖面图。建筑物的俯视图一般都画成剖视图。这时,水平的剖切平面也是通过建筑物的门、窗。这种俯视图上的剖视图,称为平面图,如图 2-2 中的一、二层平面图。图样表达了厂房建筑内部和外部的结构形状,按建筑制图标准(GBJ1-73)规定,视图包括平面图、立面图、剖面图、详图等。厂房平面图和剖面图,或这两种图样的某些内容,常常是设备布置图的重要组成部分。

2. 厂房的整体布置

根据生产规模和生产特点以及厂区面积、厂区地形、地质等条件考虑厂房的整体布置,采用分离式或集中式,亦即将车间各工段及辅助车间分散在单独的厂房内或集中合并在一个厂房内。一般地说,凡生产规模较大,车间各工段生产特点有显著差异(如防火等级等),厂区面积较大,山区等情况下,可适当采用分离式。反之,凡生产规模较小,车间各工段联系频繁,生产特点无显著差异,厂区面积较小,厂区地势平坦者,可适当采用集中式。必须根据车间外部条件和车间内部条件,全面考虑车间各厂房和各建筑物的相对位置和布局。

化工厂厂房可根据工艺流程的需要设计成单层、多层或单层与多层相结合的形式。一般来说单层厂房利用率较高,建设费用也低,因此除了工艺流程的需要必须设计为多层外,工程设计中一般多采用单层。有时因受建设场地的限制或者为了节约用地,也有设计成多层的。对于为新产品生产而设计的厂房,由于在生产过程中对于工艺路线还需不断地改进、完善,所以一般都设计一个高单层厂房,便于移动、拆装,用钢操作平台代替钢筋混凝土操作平台或多层厂房的楼板,以适应工艺流程变化的需要。厂房层数的设计要根据工艺流程的要求、投资、用地的条件等各种因素,进行综合的比较后,才能最后决定。

3. 厂房的平面布置

化工厂厂房的平面布置是根据生产工艺条件(包括工艺流程、生产特点、生产规模等)以及建筑本身的可能性与合理性(包括建筑形式,结构方案,施工条件和经济条件等)来考虑的。厂房的平面设计,应力求简单,这会给设备布置带来更多的可变性和灵活性,同时给建筑的定型化创造有利条件。

化工厂厂房的轮廓在平面上有:长方形、L 型、T 型、U 型等。其中以长方形最常采用。这是由于长方形厂房便于总平面图的布置,节约用地有利于设备排列,便于设备管理,缩短管道安装,便于安排交通和出入口,有较多可供自然采光和通风的墙面。

根据设备布置的要求,确定厂房的柱网布置。同时要尽可能符合建筑模数的要求。这是因为可以利用建筑上的标准预制构件,节约建筑设计和施工力量,加速设计和施工进度。

一般多层厂房采用 $6 \times 6(m)$ 的柱网。如果柱网的跨度因生产及设备要求必须加大时,一般应不超过 12m。

多层厂房的总宽度,由于受到自然采光和通风的限制,一般应不超过 24m。单层厂房的总宽度,一般不超过 30m。常用的厂房跨度一般有 6m、9m、12m、15m、18m、24m、30m 等。

4. 厂房的立体布置

化工厂厂房的立面有单层、多层或单层与多层相结合的形式,主要根据生产工艺特点决定。另外也要满足建筑上采光、通风等各方面的要求。

厂房立面也同平面一样,应力求简单,要充分利用建筑物的空间,符合经济合理及便于施

工的原则。

厂房每层高度主要取决于设备的高低,安装的位置,安全等条件。一般生产厂房每层高度4~6m。最低层高不宜低于3.2m。由地面到顶棚凸出构件底面的高度(净空高度),不得低于2~6m。

在有高温及有毒气体的厂房中,要适当加高建筑物的层高,以利通风散热。厂房的高度也要尽可能符合建筑模数的要求。由于生产性质不同,化工厂厂房形式是多样的,有单层单跨、单层多跨及多层厂房等。

5. 绘制建筑图应注意以下几点

(1)凡未被剖切的墙、墙垛、梁、柱和楼板等结构的轮廓,都用细实线画出;被剖切后的剖面轮廓则用较粗的实线画出。这些结构,以及门、窗、孔洞、楼梯等常见构件的规定画法,可见图2-2的立体图,需要时,可查阅《国家标准建筑制图(GBJ1-73)》。

(2)厂房建筑图中的墙、柱或墙垛,一般用点划线画出它们的定位轴线并编号。平面图上的纵向定位轴线,应按水平方向从左至右顺次用阿拉伯数字编号;横向的定位轴线,则按垂直方向由下而上顺次用大写英文字母编号。在立面图和剖面图上,一般只画出建筑物最外侧的墙或柱的定位轴线,并注写编号。轴线编号一般排列在图面的下方和左方。

轴线编号有时也用来标注立面图的图名,例如图2-2中,用“1-3立面图”取代“正立面图”为图名,能更准确地说明图中表达的是哪一个立面。

(3)建筑物各层楼、地面和其他构筑物相对于某一基准面的高度,称为“标高”。标高数值以m为单位,一般标注至小数点以后第三位。

(4)基准面,例如某层的楼、地面,某标高为零,并标注为±0.000。高于基准面的标高为正,但标高数字前一律不加正号;低于基准面的标高为负,负数标高数字前,则应加注负号。

根据标高这一概念,各层建筑物的平面图也可按各层楼、地面的标高来标注图名。例如图2-2中一、二层平面图,也可以标注为±0.000平面图和5.400平面图。

厂房建筑图中除上述以米为单位的标高尺寸外,还有定位轴线的间距和厂房的长、宽等尺寸,以及孔洞、设备基础等的定位尺寸,这些尺寸仍以毫米为单位、标注原则和方法,与一般机械图基本相同。

复习思考题

1. 化工设计分哪几类?
2. 设计任务书主要包括哪些内容?
3. 化工设计分哪几个阶段?
4. 化工设计包括哪些专业?
5. 化工工艺设计包括哪些内容?
6. 化工工艺设计与土建专业有什么关系?

第三章 厂址选择与化工厂总平面布置图

厂址选择是工业基本建设的一个重要环节。厂址选择工作的好坏对工厂的建设进度,投资数量,经济效益以及环境保护等方面都会带来重大的影响。

化工厂布置就是指车间、设备、生产辅助设施、生活管理设施等进行合理地安排,使设备,人员与物料的移动能够有效地配合,保证生产顺利地进行。因此,化工厂布置不仅与生产是否能够顺利进行,降低成本直接有关外,而且是工厂实行科学管理和文明生产的必要前提,同时也为职工提供一个安全、舒适的工作和学习环境。

选厂工作组一般由若干个主要专业——工艺、土建、供给排水、供电、总图运输和技术经济等专业人员组成,并由项目总负责人主持工作。

目前,我国选厂工作大多采用由主管部门主持、设计部门参加的组织形式。由于选厂工作涉及面很广,设计(咨询)部门承担这项工作时,必须主动争取业务主管部门,地方政府和建设单位的积极支持,充分听取他们的意见并吸收其中合理的部分,才能将这项工作做好。

第一节 厂址选择

一、厂址选择的三个阶段

1. 准备工作阶段

准备工作阶段包括拟定选厂指标和设计基础资料的收集提纲(见附录 3-1)。选厂指标的主要内容是:

- (1)工厂的产品方案——产品的品种和规模;
- (2)基本工艺流程;
- (3)工厂组成——主要项目表;
- (4)原材料、燃料和产品的品种、数量。它们的供应来源或销售去向及其适用的运输方式;
- (5)职工人数;
- (6)水、电、气等公用系统的耗量和参数;
- (7)三废排放数量、性质及可能造成的污染程度;
- (8)工厂(厂区和住宅区)的理想总平面图——占地面积;
- (9)工厂需要外协的项目;
- (10)工厂可能发展的趋向。

2. 现场工作阶段

现场工作阶段的主要内容是现场踏勘工作和设计基础资料的收集工作。如果有条件,大部分设计基础资料应在现场踏勘工作之前,由建设单位提供,这样可以使现场工作更有针对性,提高工作效率。

对每一个现场来说,现场踏勘的重点是在收集资料的基础上进行实地调查和核实,并通过

实地观察和了解,获得真实的和直观的形象。现场工作阶段应该包括如下内容:

(1)踏勘地形图所表示的地形、地物的实际状况——研究厂区自然地形的改造和利用方式以及场地上原有设施加以保留或利用的可能性;

(2)研究工厂在现场基本区划的几种可能方案;

(3)确定铁路专用线的接轨地点和进线走向、航道和建造码头的适宜地点,公路的连接和工厂主要出入口的位置;

(4)实地调查厂区历史上洪水淹没的情况;

(5)工程地质现象(溶洞、滑坡等的实地观察);

(6)踏勘工厂水源地、排水口、热电厂及厂外各种管线可能的走向;

(7)了解现场环境污染状况;

(8)周围地区工厂、居民点分布状况和协作要求。

3. 编制报告阶段

此阶段的主要工作内容是在现场调查的基础上,选择若干个选厂方案进行全面的比较,从中选出最合理的方案,写成选厂报告,作为可行性研究报告的一个组成部分。

方案比较的内容着重在工程技术,建设投资和经营费用等三个主要方面。比较的具体项目是:地理位置;周围环境和厂区内现有设施和农田耕作状况;自然环境和环境保护现状;厂区与城市、居住区的关系;厂区占地面积和外形;自然地形和地物特点;工程地质和水文地质;主要原、材料、燃料供应和产品销售状况;水路运输条件和工程量;铁路接轨条件和工程量;公路连接条件和工程量;水源(水质、水量)和供水工程;排水、排渣和排洪工程;电源及供电工程、通讯工程;供热工程;协作条件(上、下游产品衔接、包装材料的供应,机修,贮运以及基础设施等条件);当地施工,安装力量和建筑材料的供应;熟练工人和技术人员来源;建设投资(主要指厂内外工程和因地制宜费用的差异以及因地区条件不同所引起的费用,如高寒地区或地震设防地区等);经营费用。以上方案比较的内容及其比较结论构成选厂报告的基本内容。报告反映的情况要真实,结论要正确,文字要简洁。

二、选厂原则

在选择化学工厂的厂址时,要掌握以下基本原则:

(1)厂址宜选在原料、燃料供应和产品销售便利的地区,并在贮运、机修、公用工程和生活设施等方面具有良好的协作条件的地区。

(2)厂址应靠近水量充足和水质良好的水源。

(3)厂址应有便利的交通条件。在有条件的地方,要优先考虑采用水运。对于有超重、超大或超长设备的工厂,应注意沿途是否具备运输条件。

(4)选厂应注意节约用地,不占或少占耕地。厂区的面积、形状和其他条件应满足工艺流程布置的要求。厂址的自然地形应有利于厂房和管线的布置、交通联系和场地排水。厂区应适当留有发展余地。

(5)选厂应注意当地自然环境条件,并对工厂投产后对于环境可能造成的影响作出预评价。工厂的生产区和居民区的建设地点应同时选定。

(6)厂址应避免低于洪水位或在采取措施后仍不能确保不受水淹的地段。

(7)厂址应避免布置在下列地区:

发震断层地区和基本烈度 9 度以上的地震区；
厚度较大的Ⅲ级自重湿陷性黄土地区；
易遭受洪水、泥石流、滑坡等危害的山区；
有开采价值的矿藏地区；
对机场、电台等使用有影响的地区；
国家规定的历史文物、生物保护和风景游览地区。

三、国外厂址选择的趋势

当前国外在厂址选择上有下列趋势：

- (1) 尽量选在城市郊区或小乡镇，一方面地皮宽广价廉，另一方面各种公用设施比较齐全；
- (2) 选在计划之中的工业中心或称为工业园地，那里有协作的工厂、仓库和各种服务设施等；
- (3) 选在建厂能提供各种优惠条件的地区；
- (4) 选在比较清洁的地点。

第二节 厂区总平面布置

一、厂区布置的基本任务

工厂布置涉及的对象是生产过程中使用的机器设备（它们按不同的产品或不同的功能布置在建筑物内或露天）、各种物料（原材料、半成品和成品以及公用系统的各种介质）和从事生产的操作人员。

工厂布置的基本任务是结合厂区的各种自然条件和外部条件确定生产过程中各种机器设备的空间位置，获得最合理的物料和人员的流动路线。

满足合理的物料和人员的流动路线实质上是一个运输问题。因而，工厂布置的任务实质上是为了寻求物料和人员的最佳运输方案。

就大范围而言，即在一个地区内厂址位置的确定是为了寻求最佳的厂外运输路线，而就小范围而言，即在一个厂区内，厂房位置的确定是为了寻求最佳的厂内运输路线。

对于工厂布置，按我国习惯做法，划分为厂区布置和厂房（装置）布置两部分，前者习惯地称为总图布置，后者称为车间布置。就工作的分工而言，这样的划分可以使总图专业和工艺专业有各自明确的工作范围，但就工作的性质而言，二者是一个不可分割的整体，因为它们具有相同的工作任务，只是工作范围大小不同，而无工作对象异同之分。简言之，两者关系是全局和局部的关系，即厂区布置是全局，而各个厂房布置则是局部。

二、厂区布置原则

从工程角度来看，化学工厂的总体布局主要应该满足三方面的要求：

1. 生产要求

厂区布置首先要求保证径直和短捷的生产作业线，尽可能避免交叉和迂回，使各种物料的输送距离为最小。同时将公用系统耗量大的车间尽量集中布置，以形成负荷中心并与供应来源

靠近,使各种公用系统介质的输送距离为最小。

厂区布置也应该使人员的交通路线径直和短捷。不同货流之间,货物与人流之间都应该尽可能避免交叉和迂回。

所以,在满足生产要求的前提下,厂区布置就是要求各种物料和人员的输送距离为最小,最终体现能量消耗为最少。

2. 安全要求

化学生产具有易燃、易爆和有毒等特点。厂区布置应该充分考虑安全布局,严格遵守防火、卫生等安全规范及标准的有关规定(见附录 3-2)其中重点是防止火灾和爆炸的发生。例如在石油化工厂,为了尽可能减少火灾和爆炸的机遇,应该将各类明火源布置在主导风向的上风侧,而将可能散发可燃气体的贮罐或设备布置在下风侧。要求在厂区布置工作中,善于针对不同生产特点,抓住安全布局的主要矛盾。

3. 发展要求

由于工艺流程的更新,加工程度的深化,产品品种的变化和综合利用的增加等原因,化学工厂厂区的布局要求有较大的弹性,要求对于工厂的发展变化有较大的适应性能。也就是说,随着工厂的发展变化,尽管厂区不断扩大,但在厂区的生产布局和安全布局方面仍能保持合理的布置。

1. 节约土地

节约土地是我们的基本国策,上述三方面要求与节约土地是相辅相成的。保证径直和短捷的生产线必然要求工厂集中和紧凑的布置,因为集中和紧凑的布置不仅节约了能量,也同时节约了土地。在安全要求方面,妥善安排不同对象的不同安全间距。如果利用得当,既可保证必要的安全距离,又可使土地得到充分的利用。在对待发展要求方面,则应坚持“近期集中,远期外围,由近及远,自内向外”的布置原则。按照这个原则,近期工程因集中布置而节约近期用地。由于近期工程的集中布置,才能为远期工程发展创造最大的灵活性。

此外,还可以通过下列手段节约土地:

- (1)少占或不占耕地良田,利用坡地瘠地;
- (2)采用联合厂房或联合装置,并尽可能采用露天布置;
- (3)采用多层建筑;
- (4)建筑物的平面投影外形力求整齐、统一;
- (5)合理布置管线,缩短间距。

最后,在工厂布置中,还应满足施工和安装(特别是大型设备吊装)的要求。同时还应注意与厂区周围环境的协调以及厂区绿化等要求。

三、竖向布置

竖向布置和平面布置是工厂布置不可分割的整体。后者的任务是确定全厂建设、构筑物、铁路、道路、码头和工程管线的坐标;前者的任务则是确定它们的标高。其目的是利用和改造自然地形,使土方工程量为最小,并使厂区的雨水能顺利排除。

竖向布置的方式分为平坡式和台阶式两种。平坡式布置的场地由连续的不同坡度的坡面组成,而台阶式则由不连续的不同标高的台阶组成。在平原地区(一般自然地形坡度 $<3\%$ 时)采用平坡式布置较合理。在丘陵地区,在满足场内交通和管线布置的条件下,为了减少土石方

工程量,可以采用台阶式布置。一般说来,平坡式布置较台阶式易于处理。但如处理得当,对以流体输送为主的化学工厂来说,由于能充分利用地形高差,采用台阶式布置可以节约能量,使不利地形变为有利地形。

四、管线布置

除各种公用系统管网外,工厂的大多数物料也利用管道输送,因而厂区内有庞大而复杂的管网。

除按规定必须埋设在地下的管道外,厂区管道应尽可能布置在地上。采用集中管架或管墩敷设可以节约投资、减少占地面积并便于施工和检修。

地下管线的布置要注意以下原则:

(1)为了压缩管线占地面积,应利用各种管线的不同埋设深度,由建筑物基础外缘至道路中心由浅入深地依次布置。一般情况下,它们的顺序是:弱电电缆;电力电缆;管沟;给水管(循环水管);雨水管;污水管。

(2)在施工顺序许可的条件下,可将检修次数较少的雨水、污水管埋设在道路下而。

(3)管线交叉时避让原则是:小管让大管;压力管让重力管;软管让硬管;临时管让永久管。

(4)地下管线敷设应注意下列安全事项:

①电力电缆不应与热力管道平行靠近敷设,遇交叉时,电缆宜在下方穿过或采取保护措施;

②可能散发可燃气体的煤气管线应避免靠近管沟或地下室;

③压力较高的大管径给水管应避免靠近建筑物。

(5)管架或地下管线应适当地留有余地以备工厂发展的需要。

第三节 设计总平面布置图应注意的事项

一、生产车间的布置

生产车间的位置应按工艺生产过程的顺序确定,生产线路尽可能做到直线而无返回的流动,但并不要求所有的生产车间一定要排在一条直线上。如果生产车间较多,排成直线,将使地形伸长,并会使仓库、辅助车间的配置及车间的管理等方面带来不便。为了达到生产车间有线性的目的,也可以将建筑物一个和另一个联接成T、L或Π字形。

车间生产线路一般分为水平的和垂直的两种。此外,也有多线生产线路。使加工物料在同一平面上由甲车间送入乙车间的叫做水平生产线。使加工物料由上层的甲车间送至下层的乙车间叫做垂直生产线路。多线生产线路即开始是两条或多条支线而后汇合成一条主线。无论是哪一种生产路线,车间之间的距离应是最短的,并符合各种规范所规定的间距。对原料和成品车间则应接近仓库和运输线路。同时也应注意,中间车间也常常需要大量原料并生成各种副产品。

车间之间的管道尽可能沿着道路敷设。对产生有害气体和粉尘的车间应将其布置在下风侧,同时应考虑周围的环境。

二、辅助车间的布置

辅助车间一般包括锅炉房、变配电间、压缩空气、真空泵房、水泵站、通风空调室、机修车间、中心试验室、仪表修理车间及仓库等。现将其布置要点简介于后：

(1) 锅炉房尽可能布置在使用蒸气较多的地方，这样可以缩短管路，减少热损失。锅炉房附近不准配置有火灾或爆炸危险的车间或易燃品的仓库。在其附近应用燃料堆场，并将它布置在工厂的下风侧。

(2) 配电间应布置在大量用电车间的附近，并应置于产生污染车间的上风位置。

(3) 水泵房应设在水源附近。水泵房将水送至蓄水池，然后送入管网。如水需要净化，首先必须将水送到净水构筑物内。水塔应尽可能靠近用水量大的车间。

(4) 机修车间一般应布置在各生产车间的附近或工厂的边缘。如靠近生产车间则应注意与建筑物的安全距离和易燃易爆仓库的安全距离。机修车间应靠近五金材料仓库，在其附近应有适当的空地，作为零件材料等的堆放场地。

(5) 中心实验室和仪表修理车间一般宜布置在清洁卫生、震动小、噪音少、灰尘少和工厂上风侧的位置。

(6) 仓库的位置应设在与有关生产车间输送物料方便的地方并应靠近运输干线(铁路、河道、公路)。应根据贮存的不同原料，选定符合防火安全所要求的间距和结构。

消防车库应设在一旦发生火灾时，车辆能够非常顺利地到达现场的有利地点，并能通向厂外的交通要道。

三、行政管理部门的布置

行政管理部门包括工厂各部门的管理机构、公共会议室、托儿所、保健站等，一般布置在工厂的边缘或厂外，位于工厂的上风向位置(通称厂前区)。

四、建筑物之间的距离

工业建筑物之间的距离必须符合消防安全方面的要求，保持必要的防火距离，同时也需要满足工业卫生、采光、自然通风等方面的要求。

1. 厂房之间的防火距离

厂房之间的防火距离，主要是防止火焰蔓延到其他厂房，同时消防队能顺利通过。至于防爆的距离则比较次要，因为车间里的一般易燃气体和粉尘与空气混合物的爆炸，通常只发生在建筑物内，窗户玻璃起到隔离的作用。建筑物的承重主墙也起到防止爆炸扩大的作用。化工生产的火灾危险性分类及举例见附录 3-2。

防火距离是根据生产的火灾危险程度及建筑物的耐火程度而决定的。

关于建筑物构件的燃烧性能和耐火极限，厂房防火防爆的规定(厂房的耐火等级层数和面积、厂房的防火间距、厂房的防爆)，库房的防火规定(库房的耐火等级层数和面积、库房的防火间距)、易燃可燃液体贮罐的防火规定(易燃可燃液体贮罐的布置、易燃可燃液体贮罐之间的防火间距、易燃可燃液体贮罐的成组布置、易燃可燃液体贮罐区、堆场与建筑物的防火间距、易燃可燃液体贮罐与易燃可燃液体泵房及装卸设备的防火间距)、可燃助燃气体贮罐的防火间距、液化石油气贮罐的布置和防火间距见附录 3-3。

2. 自然采光和自然通风

为了保证有充分的自然采光和自然通风,建筑物间的距离不应小于 15m。如有 15m 以上的高建筑物,则其距离不应小于两相邻建筑物高度之和的一半。

五、厂区道路

厂内的人行道宽度根据上下班人数来确定,一般为 1.5—2m。

厂内的道路一般要用碎石、沥青或混凝土铺设路面。厂区内各主要厂房应有出口或露天地段,以利消防车通过或在特殊情况下输送原材料。

公路的宽度不应小于 5m。应允许两部大型卡车面对面地通过,同时要考虑输送线路的循环性,避免交通阻塞。

设有铁路专用线的工厂,人行道与铁路交叉的地方,铁路路面应用花岗石、园石、沥青或木材铺成,使轨道与人行道一样高。这些交叉点应备有警告牌,而在来往频繁的地方应设置特种通道(如天桥)。

凡设有建筑物,公路、人行道以及其他用途的地区,宜于种植农作物和培植绿草地、花圃、树木,进行副业生产,改善劳动者的卫生保健条件,美化厂区。

总之,厂址选择和总平面图的设计需要考虑很多因素,一般不可能得到完全满足。在设计中必须具有丰富的科学知识,足够的工作经验及高度的政策水平,根据具体情况,抓住主要矛盾,才能选择好厂址和编制出合理的工厂总平面图。

第四节 厂区总平面布置实例

现以 3000 吨合成氨厂总平面布置为例,如图 3-1 所示。从原料(无烟煤)到成品(碳酸氢氨),整个工艺过程可划分为造气、脱硫、加压变换、精炼、合成及碳化等工段。由于生产连续性的要求,总平面布置时,应将相互关系密切的工段靠近布置,以便联系,节约管道。如将原料用煤的堆场靠近造气工段,燃料用煤靠近锅炉房。变电室应布置在负荷量大的压缩精炼车间附近,且位于厂区的上风侧,防止造气工段和煤场内的煤灰堆积于高压瓷瓶上及压缩车间逸出的氨气腐蚀变电室的铜件成品仓库接近碳化厂房,离出入口近,便于运输。气柜应防爆,远离火源,布置在东面为宜。行政服务设施、机修、车库等应设在厂区的出入口,且位于上风侧。

从上述分析得知,要布置好工厂总平面,必须先了解该厂的生产工艺、性质和特点。了解由哪些建、构筑物组成及其相互关系,才能结合地形、地质、气象、卫生、防火、安全、施工以及运输方式,对建、构筑物的位置,堆场、管线,竖向等作出合理的安排,以保证生产过程的连续性,并使生产线路畅通而短捷。

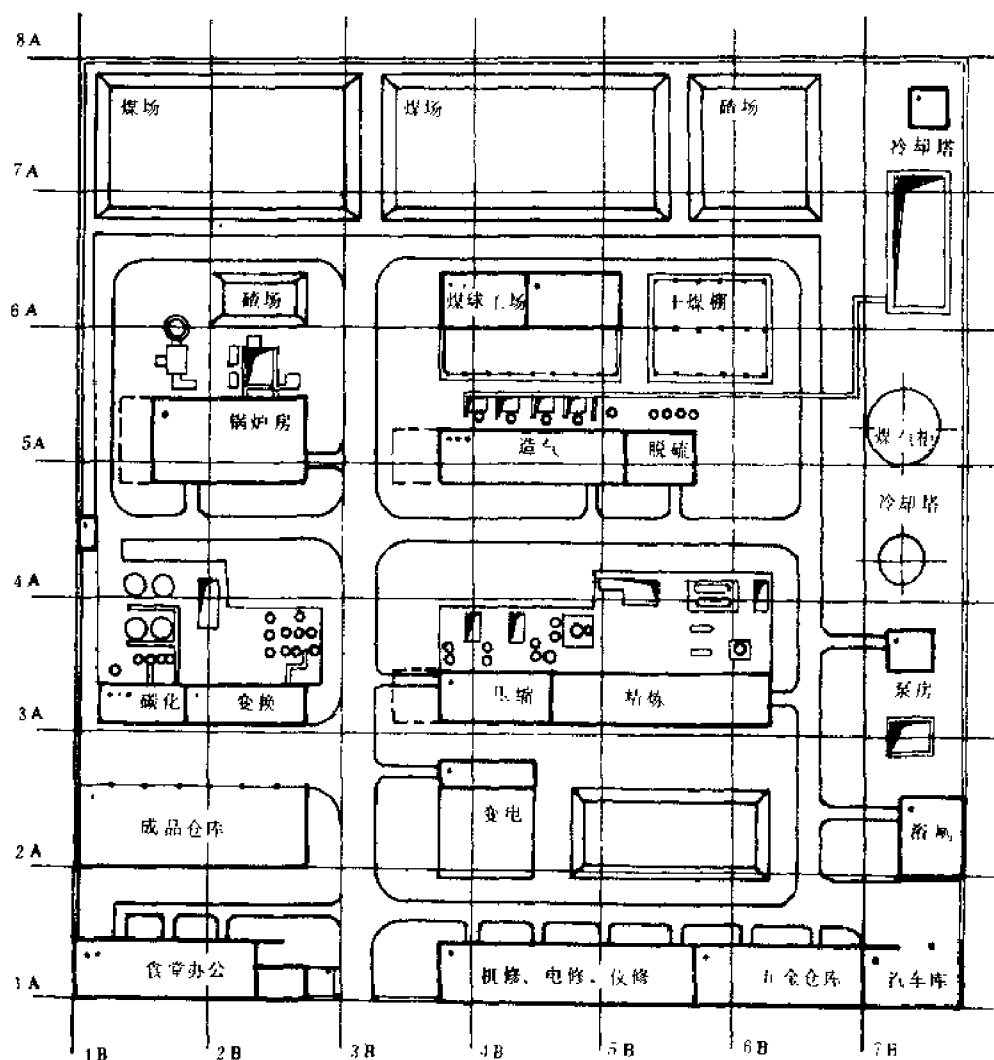


图 3-1 3000 吨合成氨厂总平面图

复习思考题

1. 厂址选择三个阶段的主要内容是什么？
2. 选厂的原则是什么？

习 题

结合合成氨的知识,分析某氮肥厂厂区总平面布置图(如图 3-2)的优缺点,并用 1:1 的比例,绘制该厂总平面布置图。

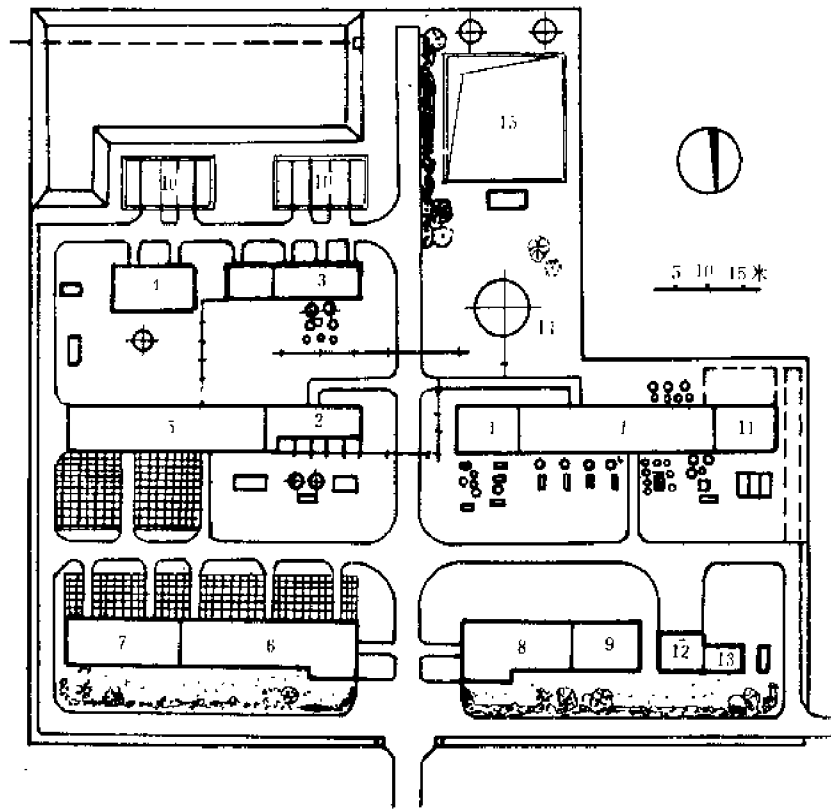


图 3-2 某氮肥厂总平面布置

1—联合厂房；2—碳化车间；3—造气车间；4—锅炉房；5—成品仓库；6—机修、电修车间；
7—设备材料仓库；8—办公、化验室；9—仪表修理；10—煤棚；11—配电间；12—汽车库；
13—塑料袋加工；14—煤气罐；15—沉淀池

第四章 工艺流程设计及工艺流程图

一个典型的化工工艺过程一般由六个阶段所组成,如图 4-1 所示。

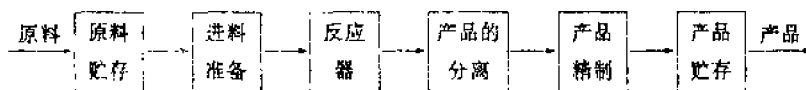


图 4-1 化工工艺过程

对于某一具体工艺来说,并不是图中六个阶段都需要,须根据具体情况而定。每一阶段的复杂性取决于工艺的特性。现将上述各阶段分别简介于后:

(一)原料贮存。原料贮存的目的是缓冲供应的波动或中断,使原料供应和生产相适应。贮存容量取决于原料的性质,输送的方法及连续供应的程度,一般要求贮存几天或几周的能力。

(二)进料的准备。为了向反应阶段进料,由于原料不符合要求,需要进行处理。有的原料纯度不高,通常经过分离提纯;固体原料往往需要破碎、磨细及筛分。例如用乙炔与盐酸反应生产二氯乙烯,由于用电石生产的乙炔含有砷、硫等化合物及别的杂质,需经浓硫酸(或用其它工艺)洗涤,使原料达到足够的纯度。

(三)反应。反应是化工生产过程的心脏。将原料放至反应器中,按照一定的工艺操作条件,得到合格的产品。在此过程中,也难免生成一些副产物或不希望获得的化合物(杂质)。

(四)产品的分离。反应结束之后,需要将产品、副产品及未反应的物料分离。如果转化率低,未反应物料很多,再送回反应器。在此阶段,副产品也可以与产品分离。

(五)精制。一般产品需要经过精制,提高质量,成为合格产品,才能满足用户的要求。如果所得到的副产品具有经济价值,也可以经精制后出售。

(六)产品贮存。为了使生产和销售相互配合,产品需要贮存。根据产品性质的不同,应有产品包装和运输设施。液体一般用桶或散装槽类(如汽车槽车、火车槽车或槽船)装运。固体用袋、硬纸板盒或包捆装运。产品贮存量取决于产品的性质和市场情况。

一个工艺过程除了上述的各阶段外,还需要公用工程(水、电、气)及其它附属设施(消防设施,辅助生产设施、办公室、住宅区及化验室等)的配合。

工艺流程表示由原料到成品过程中物料和能量发生的变化及其流向。工艺流程的质量直接影响到产品的质量、产量、成本、生产能力、操作条件等根本问题。也可以说工艺流程决定车间的命运。因此,工艺流程的确定是化工工艺设计最主要的一环。

流程图是工艺设计的关键文件。它表示工艺过程选用设备的排列情况、物流的连接、物流的流量和组成以及操作的条件。流程图是管道、仪表、设备设计和装置布置等专业的设计基础。流程图也用于拟订操作规程和培训工人。在装置开车及以后的运转过程中,流程图也是操作性能与设计进行比较的基础。

在确定工艺流程之前,首先必须选择生产方法。

第一节 选择生产方法

在化工生产中,为了达到加工的目的,可以采用不同方法和不同设备来完成,这就要求我们必须考虑选择一种最合理的加工方法和设备。为此,必须根据具体情况进行分析比较,计算和选择。例如某些固体物料,可以采用机械输送,也可以采用气流输送。前者又可采用螺旋输送机、斗式提升机或皮带输送机;后者又可分为吸入式或压出式。再如制氨,我们可以选择一百气压的、三百气压的、八百气压的合成方法。制氨用的原料气可以用煤、焦或天然气等。这就需要结合物料的特性和要求以及车间的具体情况和本厂现有的条件进行分析和选择。

设计对象的具体情况是不同的。有些品种已经大规模生产;有些品种尚属中间试验阶段;也有些品种国内尚未试验和生产,只有文献资料可查。但是不论属于哪种情况,为顺利开展设计工作必须搜集有关生产方法的资料,其内容为:

- (一)各种生产方法及其工艺流程;
- (二)各种生产方法的技术经济比较,包括:
 - (1)产品成本;
 - (2)原料和主要材料的用量及供应的可能性;
 - (3)水、电、气的用量及其供应;
 - (4)副产品的利用,废水废物的处理;
 - (5)生产技术是否先进,装备简单或复杂;
 - (6)生产自动化、机械化程度;
 - (7)基本建设投资;
 - (8)建筑占地面积和展开面积;
 - (9)主要基建材料用量及其供应的可能性;
 - (10)设备制作的复杂程度及供应的可能性等。

掌握了这些有关生产方法的资料后,就可以着手进行分析。必须对该种产品的现有生产方法,正在试验的新方法,以及尚未实现的方法作出全面分析,反复考虑主观和客观的条件,最后找出技术上最先进,经济上最合理,符合我国国情,切实可行的生产方法。

选择生产方法及其工艺流程是极为重要的,因为它决定整个生产在技术上是否先进,经济上是否合理,并为设计好坏的关键性因素。

必须全力以赴,认真做好设计工作的第一步——选择合理的生产方法。

第二节 工艺流程设计

一、工艺流程设计的原则

- (1)尽可能采用先进设备、先进生产方法及成熟的科学技术成就,以保证产品质量。
- (2)“就地取材”,充分利用当地原料,以便获得最佳的经济效果。
- (3)所采用的设备效率高、降低原材料消耗及水电气消耗,以使产品的成本降低。
- (4)经济效益高。

(5)充分预计生产的故障,以便即时处理,保证生产的稳定性。

工艺流程设计的依据主要从原料性质、产品质量和品种、生产能力以及今后的发展余地等方面考虑。

二、设计工艺流程应考虑的问题

1. 从工艺和技术角度来看,要求工艺流程满足以下要求:

①尽量采用能使物料和能量有高利用率的连续过程。

②反应物在设备中的停留时间既要使之反应完全,又要尽可能的短。

③维持各个反应在最适宜的工艺条件下进行。多相反应尽可能增大反应物间的接触面。不同性质的反应或需要不同条件的分阶段的反应,宜在相应的各特殊设计的设备中进行。在同一设备中进行多种条件要求不同的反应,往往引起恶劣的后果。

④设备或器械的设计要考虑到流动形态对过程的影响,也要考虑到某些因素可能变动,如原料成分的变动范围,操作温度的允许范围等。

⑤尽可能使器械构造、反应系统的操作和控制简单、灵敏和有效。

⑥及时采用新技术和新工艺。有多种方案可以选择时,选直接法代替多步法,选原料易得路线代替多原料路线,选低能耗方案代替高能耗方案,选接近于常温常压的条件代替高温高压的条件,选污染或废料少的代替污染严重的等等,但也要综合考虑。

⑦为易于控制和保证产品质量一致,在技术水平和设备材质等允许下,大型单系列或少系列优于小型多系列,且便于实现微机控制。

2. 从经济核算、管理、环保和操作安全的角度来看,要求:

①选用小而有效的设备和建筑,以降低投资费用,并便于管理和运输。与此同时,也要考虑到操作、安全和扩建的需要。

②工厂应接近原料基地和销售地域,或有相应规模的交通运输系统。

③现代基本化工的趋向是大型、高效、节能、自动化、微机控制;精细化工则向小批量、多品种、高质量方向发展。选取工艺方案要掌握市场信息,并结合具体情况,因地制宜,充分利用当地资源和有利条件。

④用各种方法减少不必要的辅助设备或辅助操作。例如利用地形或重力进料以减少输送机械。

⑤选用适宜的耐久抗蚀材料。在很多情况下,跑、冒、滴、漏所造成的损失,远比节约某些材料的费用要严重。同时,也要考虑到化工生产是折旧率较高的部门。

⑥工序和厂房的衔接安排要合理。

⑦创造有职业保护的安全工作环境,减轻体力劳动负担。

⑧重视环境保护,作好三废治理。污染处理装置应与生产同时投产。

总之,应依靠技术进步来提高生产。

第三节 工艺流程图

根据设计阶段的不同,工艺流程图可分为方案流程图和施工流程图两种。它们之间的差别,主要反映在工艺流程图上的内容详尽与否。在扩大初步设计阶段、所绘制的流程图称为工

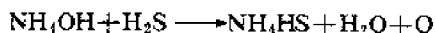
艺方案流程图。工艺方案流程图又称为流程示意图或流程简图。在施工图设计阶段所绘制的流程图称为工艺施工流程图。工艺施工流程图又称为工艺安装流程图或带控制点管路安装流程图。

现以小化肥厂原料气脱硫系统为例,介绍上述两种流程图的作用、内容、绘制方法和步骤及应注意的事项。

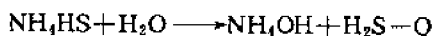
一、合成氨厂氨水脱硫简介

合成氨工艺中用以制备氮氢混和气的原料气是将焦炭或无烟煤等原料在一定条件下气化所得的“半水煤气”。半水煤气中除 N_2 , H_2 , CO 及 CO_2 等主要成分外,往往还含有一些以 H_2S 为主要形式的硫化物,其他还有有机硫如硫氧化碳、二硫化碳、噻吩、硫醇等。这些硫化物是引起设备腐蚀、催化剂中毒的重要因素,必须予以清除。从原料气中清除硫化物的过程,称为“脱硫”。

我国各地小型化肥厂原料气的脱硫系统,曾采用氨水脱硫法。这个方法是以稀氨水(含氨 0.5%~1.0%)为脱硫液,通过脱硫塔,将原料气中所含的硫化物吸收除去,其主要反应是



随着吸收过程的进行,脱硫液中氨的浓度不断降低,吸收能力也随之下降,因此,需将脱硫液加以再生。脱硫液的再生,则是上述吸收 H_2S 过程的逆过程:



再生过程是在再生塔内进行的。需要再生的脱硫液—废氨水自塔顶喷淋而下,同自塔底鼓入的大量空气逆流接触,使液相表面的 H_2S 因分压降低而不断转入气相,并随空气流自塔顶排出,经处理后放空。再生后的脱硫液—再生氨水引回脱硫塔循环使用。

在脱硫过程中,为使工艺过程简化,假定不回收硫,稀氨水循环使用。

二、工艺方案流程图

1. 作用及内容

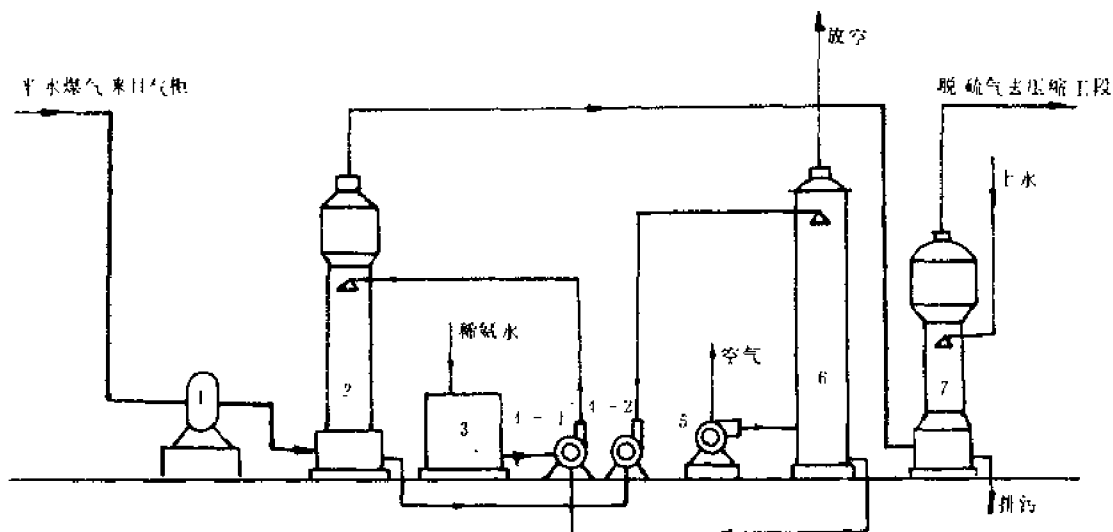
它是用来表达一个工厂、一个车间或一个工序的物料流程的图样。人们阅读图纸后,可对该工艺设计的总体部分有一个大致基本的轮廓和印象。例如,就全厂而言,生产什么产品,采用什么方法,产量多大,设备有多少,流程长或短等。方案流程图可作为讨论工艺方案和设计施工流程图的依据。脱硫系统工艺方案流程图如图 4-2 所示。流程图上的设备是经过设备工艺计算和选择而得到的。共计 10 台设备:罗茨鼓风机 2 台,脱硫塔 1 台,氨水槽 1 台,氨水泵 3 台,空气鼓风机 1 台,再生塔 1 台,除尘塔 1 台。由脱硫塔底部出来的废氨水,经氨水泵 4₁ 打入再生塔 6 的上部。鼓风机 5 向再生塔下部吹进空气使废氨水脱吸。脱吸出来的硫化氢随空气流从塔顶排出。再生氨水由再生塔底部排出,用氨水泵 4₂ 送往脱硫塔循环使用。由此可知,工艺方案流程图是一种示意性的展开图,它只定性地说明物料的运行程序。主要设备的名称、规格、型号、数量见第五章第三节脱硫系统主要设备一览表。

2. 绘制步骤

(1) 用细实线画出厂房的地平线。

(2) 根据流程,从左至右用细实线按大致的高低位置和近似的外形尺寸,画出各个设备的示意图。各示意图之间应保留适当距离,以便布置流程线,并将设备逐一编号。

(3)用粗实线画出主要物料的流程线,在流程线上画流向箭头,并在流程线的起始和终止处注明物料的名称、来源和去向。如图 4-1 中的“半水煤气来自气柜”、“脱硫气去压缩工段”等。



1—罗茨鼓风机;2—脱硫塔;3—氨水槽;4-1、2—氨水泵;5—空气鼓风机;6—再生塔;7—除尘塔

图 4-2 脱硫系统工艺方案流程图

(4)用稍粗于细实线的实线画出其它物料的流程线,画出流向箭头,并用文字注明物料名称。

(5)在流程图的下方或图纸其它显著位置,列出各设备的编号和名称。

3. 注意事宜

(1)图中的设备只画出大致轮廓和示意结构;设备和设备上重要接口管的位置,也只需大致符合实际情况。对于流程简单、设备较少的方案流程图,图中的设备也可以不编号,而将名称直接注写在设备的图形上。对于备用的设备,在方案流程图中一般省略不画。例如脱硫流程中备用的罗茨鼓风机和氨水泵,在图中均未画出。

(2)对于表示物料去向的流程线,在方案流程图中一般只画出代表主要工艺管线的流程线,其它辅助管线也不必一一画出。

(3)当方案流程图中的流程线,或流程线与设备,可能发生交错或重叠而实际上并不相连时,应将其中的一线断开,或曲折绕过设备的图形。

(4)方案流程图中的设备图形不一定按比例画,原则上,设备尺寸大的,可画大些;小的可画小些。有的设备要缩小,有的需要放大。图纸采用 2 号或 3 号,长边过长时,幅面允许加长,也可分张绘制。

三、工艺施工流程图

1. 作用及内容

工艺施工流程图是设备布置图和管路布置图的设计依据,并可供施工安装、生产操作时参考。它是由工艺专业人员和自控专业人员合作绘制的。在施工流程图中要用简化图形表示出工艺流程中所有设备的图形、主辅物料管线、管道上所有的阀门、其它管件以及仪表控制点等。它的内容比方案流程图多,必须满足施工要求。脱硫系统的工艺施工流程图如图 4-3 所示。

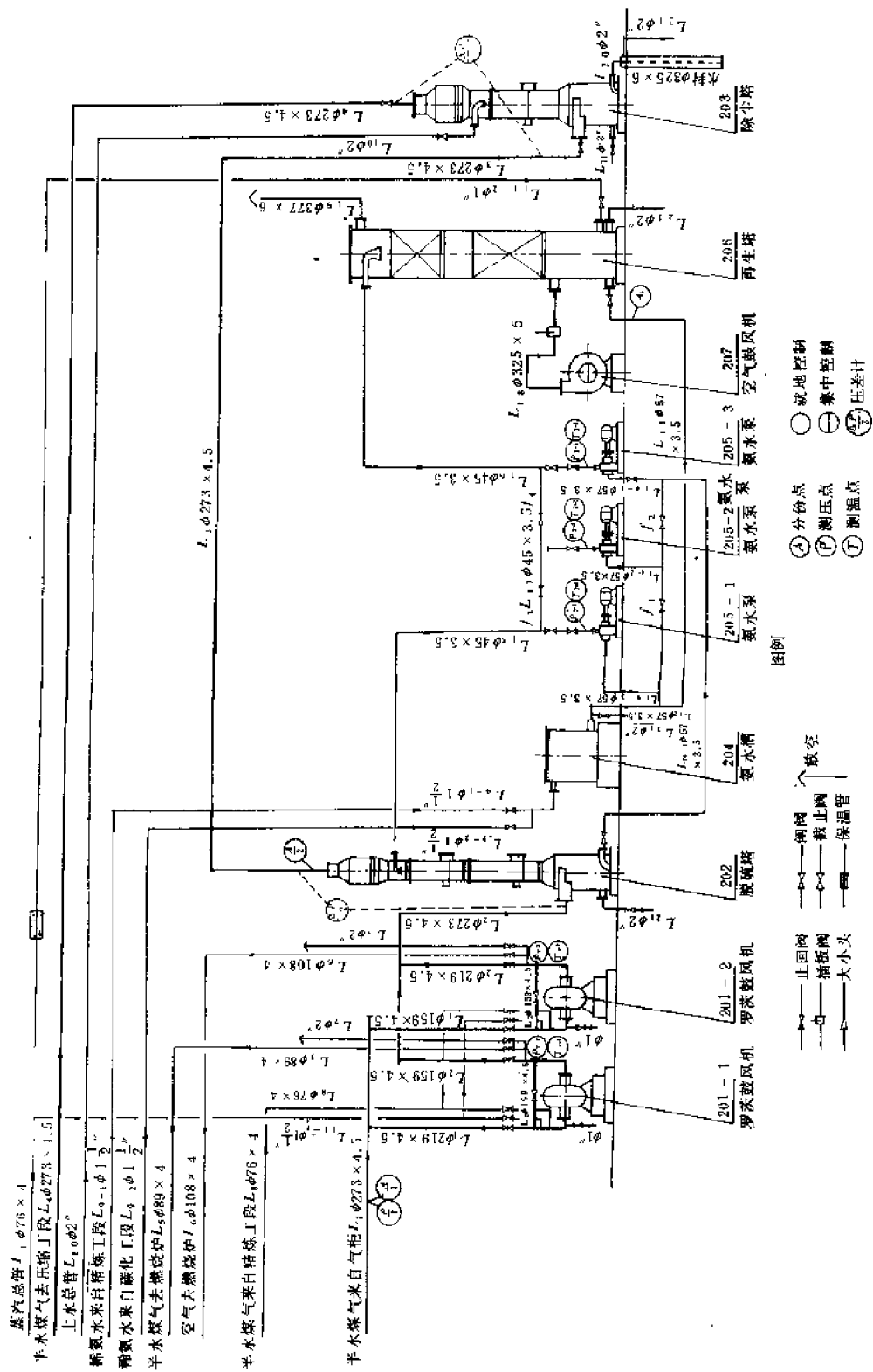


图 4-3 硫酸系统工艺流程图

由此可见,这种图样内容详尽,但仍是一种示意性的展开图。

2. 绘制工艺施工流程图应该注意的事项

(1)设备按一定比例用细实线画出示意图形(当设备过大、过长或过小时,允许不按比例),并按流程顺序编号和注写设备名称。

(2)设备编号一般应同时反映工艺系统的序号和设备的序号。例如图中再生塔的编号206,表示第2号工艺系统(按合成氨工艺系统编号顺序)中的第6号设备,即再生塔。

(3)对于用途和规格相同的设备,可在编号后加注脚码。例如图中三台规格相同的氨水泵,它们的编号分别为:205-₁、205-₂、205-₃。

(4)施工流程图中的流程线均用粗实线画出。流程线上除应画出流向箭头,并用文字注明其来源和去向,还应标注管路编号、管材规格,以及管件、阀件和各种控制点的符号。例如图4-2中由气柜到罗茨鼓风机201-_{1,2}的半水煤气管路,其编号为 L_1 ,总管规格为 $\phi 273 \times 4.5$,管上有测压点 $\frac{P}{1}$ 和分析点 $\frac{A}{1}$,管的一端有盲板,两根支管的规格为 $\phi 219 \times 4.5$,它们经入口闸阀分别同两台罗茨鼓风机相接。

(5)对于流程图上采用的各种符号和代号,都必须在图幅内的显著位置编列图例,说明这些符号或代号的涵义,例如图4-3中的图例。

在有些工艺施工流程图上,还附有设备一览表,列出设备的编号、名称、规格、数量等,以便于图表对照。

(6)比例大致按1:100或1:200进行绘制。实际上设备图形及其高低间的相对位置并不完全按比例绘制。图幅也常采用标准幅面加长的规格,但不宜过长,以便阅读。图纸幅面、图样比例及图线见附录4-1。

3. 工艺施工流程图上的图例

根据生产品种的不同,施工流程图的各种代号及符号都有着一定的涵义。例如图4-3上各种代号及符号就表示各种不同的涵义。化工工艺图图线、代号与图例规定见附录4-2。

4. 阅读施工流程图的方法和步骤

- (1)了解流程图的简单画法及图例;
- (2)掌握设备的数量、名称及编号;
- (3)了解物料介质及工艺安装流程线。

复习思考题

1. 为顺利开展设计工作,选择生产方法时,应搜集哪些资料?
2. 工艺流程设计的原则是什么?
3. 以氨水脱硫法为例,比较工艺方案流程图与工艺施工流程图的异同。

习 题

1. 用2号纸绘制某一种化工产品的带控制点的工艺施工流程图。
2. 结合工厂实习或现场教学,绘制工厂某车间或工段的带控制点的工艺流程图。

第五章 物料衡算、能量衡算及设备 工艺计算与选择

在化工设计中,物料衡算与能量衡算是十分重要的组成部分,是工艺计算的基础,是决定设计过程中所需设备的数量及其主要尺寸的依据。在工艺计算中,物料衡算是先导,接着进行热量衡算,在此基础上进行设备的工艺计算。

当工艺过程较长或较复杂时,用手工计算流程,不仅乏味,而且费时。目前已越来越多地使用计算机辅助流程编制程序,以减轻工艺设计阶段的劳动强度。计算机的应用使设计人员在探索最佳工艺过程和优化工艺条件时可以考虑不同的工艺过程和更多可选择的加工方法。

工艺设计中用于编制流程图的计算机程序可以分为两大类:

- (1)全模拟程序,它需要大功率的计算设备。
- (2)简单的物料平衡程序,只需较小的存贮器。

全模拟程序可以精确地进行联合的热量、物料平衡和初步的设备设计,作出准确和详细的流程图。在工程项目的初期,不必使用全模拟程序,用简单的物料平衡程序较合适。这些程序是手算的辅助工具,可使初步流程图作得又快又省。

第一节 物料衡算

一、物料衡算的意义

在化学工程中,设计或改造工艺流程和设备。了解和控制生产操作过程、核算生产过程的经济效益、确定主副产品的产率、确定原材料消耗定额、确定生产过程的损耗量、便于技术人员对现有的工艺过程进行分析、选择最有效的工艺路线,对设备进行最佳设计以及确定最佳操作条件等都要进行物料衡算。毫不夸张地说,一切化学工程的开发与放大都是以物料衡算为基础的。物料衡算是质量守恒定律的一种表现形式。凡引入某一设备的物料成分、重量或体积必等于操作后所得产物的成分、重量或体积加上物料损失。经过物料衡算,可以确定设备容量、数量及主要尺寸。

二、物料衡算的分类

物料衡算一般分为两类:一类是化学生产过程中总的物料衡算(包括各步骤);另一类仅是针对个别设备而作的局部物料衡算。物料衡算结果,要求包括以下内容:设备进出物料各组份的名称、各组份的工业品重量、各组份的成分%、各组份的100%物料重量、各组份物料的比重及各组份物料的体积等。

三、物料衡算的步骤

1. 画出物料衡算示意图并在图上标注与物料衡算有关的已知和未知的数据;

2. 写出化学反应方程式(包括主、副反应),由此可以知道反应前后的物料组成以及它们之间的摩尔比;

3. 明确计算对象,搞清哪些物料是已知的,哪些物料是要去求的,它们之间有什么关系,通过计算得到生产能力、纯度、得率等。

4. 选择计算基准是十分重要的。

选择计算基准的正确与否决定着计算是繁或是简。选择正确的计算基准无法可依,主要靠经验,一般常用的计算基准如下:

①时间:选择时间作为计算基准,如 kg/h, t/y。

②对间歇操作,采用一次操作的批量。

③选已知的物流为质量基准。

④用 mol 为基准比以重量为基准计算更容易些,即使不发生化学反应也是如此。

⑤对气体而言,如果组成以体积计,则采用体积为基准。在中压范围内,体积分数和摩尔分数是相等的。

5. 选择物理化学及工艺常数以及计算所必要的数据;

6. 由已知数据列出物料平衡式,进行计算;

$$\Sigma G_1 = \Sigma G_2 + \Sigma G_{损}$$

式中, ΣG_1 为输入的物料总量;

ΣG_2 为输出的物料总量;

$\Sigma G_{损}$ 为物料损失总量。

7. 列出物料平衡表格,将有关数据填在表格内,物料衡算表格如表 5-1 所示:

加入		表 5-1 ××阶段的物料衡算					
序号	物料名称	成分 (%)	100%物料重量(kg)	工业品物料重量(kg)	比重	体积 (m³)	备注
得到							
序号	物料名称	100%物料重量(kg)	反应混合物组成 (%)	比重	体积 (m³)	备注	

物料衡算结束后,再经过各种系数的转换和计算,最后得出:原料消耗综合表、(如表 5-2 所示)和排出物综合表(如表 5-3 所示):

序 号	原料 名称	单 位	纯 度 (%)	每吨产品消 耗定额(吨)		每昼夜(或每 小时或每分钟) 消耗量(吨)		每年消耗量 (吨)		备 注
				工业品	100%	工业品	100%	工业品	100%	

表 5-3 排出物综合表

序 号	名 称	特性和 成分	单 位	每吨产品 排 出 量 (kg)	每小时量 (kg)	每年量 (吨)	备 注
--------	--------	-----------	--------	-----------------------	--------------	------------	--------

例 5-1 石油分馏过程中重石脑油从粗分馏塔出来后,去脱硫塔脱硫。从脱硫塔出来与从催化裂解塔来的重石脑油混合,然后进入重整器(如图 5-1)。已知 A 含 60% C_6 和 40% C_8 ;而 B 含 50% C_6 和 50% C_8 。如果每分钟有 200mol 的 A 与 100mol B 混合,问①每分钟产生多少产物?②混合物组成?

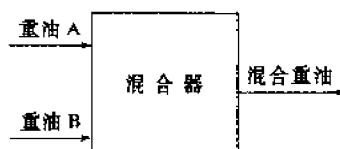


图 5-1 物料衡算示意图

解:按上述解题步骤进行。

1. 本题是一个典型的物料平衡问题,要求回答的问题是物料的数量和组成。又由于是稳定过程,故物料平衡式的形式为:输入=输出

2. 绘制流程图,如图 5-2 所示。

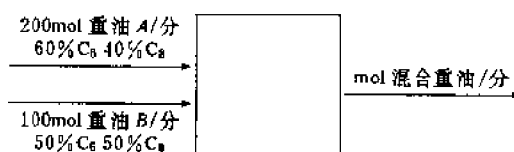


图 5-2 物料衡算流程图示意图

3. 选择计算基准

有三个可供选择的基准:(1)200mol A 进料,(2)100mol B 进料;(3)总的进料量。从上述三个基准来看,选择(3)是不适宜的,因为不能直接知道总进料量,无法找到进、出物料之间的关系。故以选择(1)或(2)为宜。在此,选择(1)作为计算的基准。

4. 认真分析每个输入和输出物料,把每种物料有关组成排列成一个输入—输出物流表。这里所说的组成是指物流的化学组成、一种物流可以包含一个或多个组成。在表中,输入和输出物料分列于表之左右。在本题中,有两种输入物料;即重油 A 和重油 B ,而输出物料为一种混合物。每种物料中又有两种组份,即 C_6 和 C_8 。现将它们列入表 5-4 中。

表 5-4 输入—输出物流表

成分	输入				输出	
	重油 A		重油 B		混合物	
	组成	流率	组成	流率	组成	流率
	% (mol)	mol/分	% (mol)	mol/分	% (mol)	mol/分
C_6	60	120	50	50	?	?
C_8	40	80	50	50	?	?

5. 列物料平衡式,求解。

根据步骤 1 得到的物料平衡式:

$$\text{输入} = \text{输出}$$

$$\text{输入} = \text{每分钟进入体系的 } A + \text{每分钟进入体系的 } B = 200\text{mol/分} + 100\text{mol/分} = 300\text{mol/分}$$

$$\text{所以,输出混合物之流率} = 300\text{mol/分}$$

对于 C_6 的平衡:

$$\begin{aligned}\text{输入 } C_6 \text{ 的量} &= A \text{ 中 } C_6 \text{ 的量} + B \text{ 中 } C_6 \text{ 的量} \\ &= 120 + 50 = 170\text{mol} \\ &= \text{混合物中 } C_6 \text{ 的量}\end{aligned}$$

对于 C_8 的平衡:

$$\begin{aligned}\text{输入 } C_8 \text{ 的量} &= 80 + 50 = 130\text{mol} \\ &= \text{输出混合物中 } C_8 \text{ 的量}\end{aligned}$$

由此,可以计算混合物的组成, % (mol):

$$C_6 \text{ 的组成} = (170/300) \times 100\% = 56.7\% (\text{mol})$$

$$C_8 \text{ 的组成} = (130/300) \times 100\% = 43.3\% (\text{mol})$$

例 5-2 对于上述体系,假定 A 和 B 两种物料的组成与例 5-1 所给组成相同,今要求产生混合物的组成为:含 C_6 53%,含 C_8 47%。重油 A 和重油 B 应按多少比率混合?

解: 仍然采用前述步骤解题。

1. 和例 5-1 相同。
2. 同例 5-1。
3. 虽然可以用上述基准来求解,但这里要解决的问题是组成一定的物料相混合,求出所需 A, B 的数量。因此,以 100mol 混合物作为基准更为简单。

4. 列物流输入、输出表(见表 5-5)

表 5-5 输入—输出物流表

组份	输入				输出	
	重油 A		重油 B		混合物	
	组成	流率	组成	流率	组成	流率
	% (mol)	mol/分	% (mol)	mol/分	% (mol)	mol/分
C_6	50	?	50	?	53	53
C_8	40	?	50	?	47	47

5. 因为基准是 100mol 混合物所需 A, B 的量:

$$A \text{ 的总量} + B \text{ 的总量} = 100\text{mol}$$

对 C_6 的平衡:

$$\begin{aligned}A \text{ 中的 } C_6 + B \text{ 中的 } C_6 &= \text{混合物中的 } C_6 \\ 0.6A + 0.5B &= 53\end{aligned}$$

同样对 C_8 的平衡:

$$\begin{aligned}A \text{ 中的 } C_8 + B \text{ 中的 } C_8 &= \text{混合物中的 } C_8 \\ 0.4A + 0.5B &= 47\end{aligned}$$

得三个方程:

$$A+B=100$$

$$0.6A+0.5B=53$$

$$0.4A+0.5B=47$$

将任意两个方程求解得出的结果是：

$$A=30\text{mol/分}$$

$$B=70\text{mol/分}$$

所以 A 和 B 的比率是：

$$A/B=30/70=0.428$$

例 5-3 燃烧某种含碳 79% (重量, 后同) 和灰分 6% 的煤, 所得的煤渣中含灰分 90% 和碳 10%。试计算燃烧 100kg 煤所得的煤渣重和未利用的可燃物的百分数。

解：因灰分在燃烧前后都无变化, 所以在物料衡算中, 灰分可作为联系物质, 煤中碳的一部分在燃烧后变成碳的氧化物, 另一部分碳和灰分共存于煤渣中, 因此解此题时, 可以利用灰分将煤的总量和煤渣总量联系起来。

基准——100kg (煤)

$$\text{煤渣总量} = 6 \div 0.90 = 6.67\text{kg}$$

$$\text{煤渣中所含未燃烧的碳} = 6.67 - 6.00 = 0.67\text{kg}$$

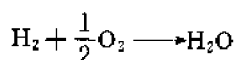
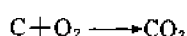
$$\text{未利用的可燃烧物(碳)的百分率} = \frac{0.67}{79} \times 100 = 0.85\%$$

例 5-4 设有含氢 15% (重量) 和碳 85% (重量) 的柴油, 燃烧时所用的空气是理论量加过量 50%, 使柴油完全燃烧。试计算燃烧 100kg 柴油时所用的空气量及烟道气的组份量。

解：此题中的柴油以重量计算, 但燃烧的化学反应用 kmol 作为计算单位较为便利。所以 100kg 柴油中的碳和氢的含量应当换算成 kmol 再计算。

基准——100kg (柴油)

化学反应：



$$\text{柴油中含有: } 15\text{kg(氢)} = \frac{15}{2}\text{kmol(氢)} = 7.5\text{kmol(氢)}$$

$$85\text{kg(碳)} = \frac{85}{12}\text{kmol(碳)} = 7.08\text{kmol(碳)}$$

形成水和二氧化碳所需的氧是

$$7.5 \times \frac{1}{2} + 7.08 = 10.83\text{kmol(氧)}$$

将空气过量计算在内, 所需的总氧量是

$$10.83 \times 1.50 = 16.25\text{kmol(氧)}$$

送入空气的总重量是

$$16.25 \div 0.21 = 77.35\text{kmol(空气)}$$

送入空气中的氮重量是

$$77.35 - 16.25 = 61.10\text{kmol(氮)}$$

所以干烟道气的组份量是

N_2 : 61.10kmol

O_2 : 5.42kmol

CO_2 : 7.08kmol

烟道气中还有 7.5kmol H_2O ,但在烟道气分析时,此值并不出现。如果对氢或氧作物料衡算,不能忽视水的存在。

有关无化学反应过程的物料衡算,伴有化学反应过程的物料衡算及带有循环和旁路过程的物料衡算可参阅有关书籍及专著。

四、氨水脱硫塔的物料衡算

现以 3000 吨型合成氨厂脱硫系统为例,介绍氨水脱硫塔的物料衡算。脱硫流程见图 4-1。

1. 计算说明

(1)原料为碳化煤球,采用铜洗流程,产品为碳酸氢铵。设备能力按年产 5000 吨合成氨来平衡,即每小时氨产量为 0.68 吨。

(2)半水煤气中 $H_2S \leq 2$ 克/标准米³。用精炼工段来的新鲜氨水进行一次脱硫。稀氨水(5 滴度)直接排放,可供工厂附近农田施肥用。

(3)为了简化计算起见,不考虑再生气回收氨后其余成分的变化,以及一次脱硫后 CO_2 成分的变化。

(4)计算基准:1 吨氨。

2. 已知条件

(1)半水煤气组成(干)

成分	H_2	CO	CO_2	O_2	N_2	CH_4	合计
%	39.90	23.54	14.16	0.40	20.80	1.20	100
标准 m^3	1380.697	814.577	489.992	13.841	719.762	41.525	3460.394

$$H_2S \text{ 含量} = 0.002 \times 3460.394 = 6.921\text{kg} \approx 0.204\text{kmol}$$

(2)再生气组成(干)

成分	H_2	CO	CO_2	N_2	CH_4	合计
%	6.310	72.843	13.897	6.750	0.200	100
标准 m^3	8.329	96.144	18.342	8.909	0.264	131.988

(3)混合煤气组成(干)=半水煤气(干)+再生气(干)

成分	H_2	CO	CO_2	O_2	N_2	CH_4	合计
%	38.666	25.352	14.150	0.385	20.284	1.163	100
标准 m^3	1389.026	910.721	508.334	13.841	728.671	41.789	3592.382
kmol	62.010	10.657	22.693	0.618	32.530	1.866	160.374

(4)混合煤气进口温度 35℃

(5)混合煤气出脱硫塔温度 35℃

(6)冷水温度 32℃ 进脱硫塔氨水温度 33℃

(7)混合煤气进脱硫系统压力 250mm H_2O

(8)混合煤气经罗茨鼓风机后压力 3500mm H_2O

- (9)混合煤气出脱硫塔压力 3100mmH₂O
 (10)混合煤气去压缩机一段压力 3000mmH₂O
 (11)大气压力 753mmHg≈10241mmH₂O
 (12)一次脱硫后 H₂S 含量 0.1g/标准 m³

3. 物料衡算

(1)脱硫液的用量。

取液气比为 4.5l/标准 m³;

脱硫液的用量=3592.382×4.5=16.2m³;

出脱硫塔稀氨水中 H₂S 含量:按硫平衡计算;

塔顶进液 H₂S 含量=0

$$\begin{aligned}\text{出脱硫塔稀氨水中 H}_2\text{S 含量} &= \frac{(2.0-0.1) \times 3592.382 \times 10^{-3}}{16.2} \\ &= 0.4213\text{kg/m}^3 \approx 0.01236\text{kmol/m}^3\end{aligned}$$

(2)出脱硫塔气体中 H₂S、NH₃ 平衡含量。

有关计算式,参考文献[7],本书简称《手册》。由《手册》式(3-2-4)计算气相出口 H₂S 的平衡分压

$$P_{\text{H}_2\text{S}}^* = \frac{S^2}{(A-S)K_1}$$

式中 A, S —— 分别为溶液中总氨、总 H₂S 含量, mol/l;

K₁ —— 平衡常数。

$$\log K_1 = a + 0.089S$$

a —— 常数; t=20℃时 a=-1.1; t=40℃时 a=-1.7。进塔溶液温度 33℃, a=-1.49

$$\log K_1 = -1.49 + 0.089 \times 0.01236 = -1.4889$$

$$K_1 = 0.0324$$

$$P_{\text{H}_2\text{S}}^* = \frac{0.01236^2}{(0.25-0.01239) \times 0.0324} = 0.01984\text{mmHg}$$

$$\begin{aligned}\text{出塔气相 H}_2\text{S 的平衡含量} &= \frac{0.01984 \times 13.61 \times 100\%}{3100 + 10241} = 0.00202\% \\ &\approx \frac{0.00202 \times 34 \times 1000}{22.4 \times 100} = 0.0307\text{g/标准 m}^3\end{aligned}$$

出塔气相 H₂S 的平衡含量 31mg/标准 m³, 小于要求出脱硫塔的 H₂S 100mg/标准 m³, 净化度可以达到。

$$\text{出塔气相氨平衡分压 } P_{\text{NH}_3}^* = \frac{[\text{NH}_3]}{H_{\text{NH}_3}}$$

式中 H_{NH₃} —— 氨的亨利系数, kmol/m³ · mmHg

[NH₃] —— 游离氨浓度。

$$-\log \frac{H_{\text{NH}_3}}{H_0} = 0.025[\text{NH}_3]$$

式中 H₀ —— 氨在纯水中的亨利系数, kmol/m³ · mmHg。查氨在纯水中的亨利系数表, 内插得 33℃时,

$$H_0 = 0.0603\text{kmol/m}^3 \cdot \text{mmHg}$$

$$[\text{NH}_3] = A - S = 0.25 - 0.01236 = 0.2376\text{kmol/m}^3$$

$$-\log \frac{H_{\text{NH}_3}}{0.0603} = 0.025 \times 0.2376$$

$$H_{\text{NH}_3} = 0.0595 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{mmHg}$$

$$P_{\text{NH}_3}^* = \frac{0.2376}{0.0595} = 3.99 \text{ mmHg}$$

$$\begin{aligned} \text{出塔气相氨的平衡含量} &= \frac{3.99 \times 13.61}{3100 + 10241} \times 100\% = 0.407\% \\ &\approx \frac{0.407 \times 1000 \times 17}{22.4 \times 100} = 3.09 \text{ g/标准 m}^3 \end{aligned}$$

以上计算是将整个塔内的溶液成份看成不变,实际上塔顶溶液中 NH_3 , H_2S 浓度都较塔底为低,所以计算得出的气相平衡 NH_3 , H_2S 的含量偏高些。

(3) 氨平衡

进项

① 精炼再生气中含有氨量 $\frac{14.881}{22.4} \times 17 = 11.30 \text{ kg}$

② 合成贮槽放空补充氨 $x \text{ kg}$

合计 $11.30 + x \text{ kg}$

出项

① 脱硫塔排出稀氨水中含氨 $0.25 \times 17 \times 16.2 = 68.85 \text{ kg}$

② 出脱硫塔气体带出氨: 以出塔气相平衡氨含量计算

$$3592.382 \times 3.09 = 11.10 \text{ kg}$$

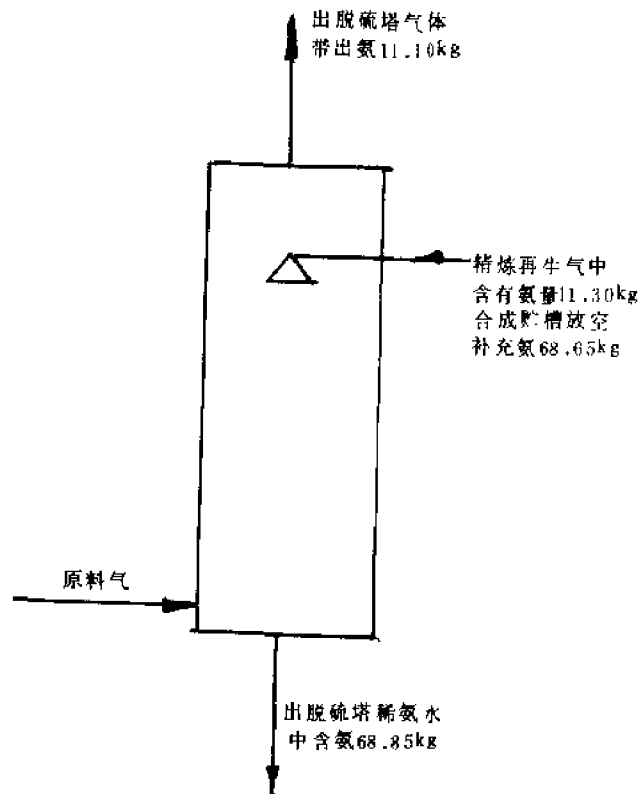


图 5-3 脱硫塔的氨平衡示意简图

合计 79.95 kg

$$\begin{aligned}\text{平衡} \quad 11.30+x &= 79.95 \\ x &= 68.65\text{kg}\end{aligned}$$

即每生产一吨氨,脱硫耗用氨 79.95kg,除精炼回收氨外,尚需合成贮槽放空补充 68.65kg。可见,用氨水直接排放,脱硫效果好,但氨耗大。生产厂往往是在保证脱硫净化度合格的前提下,排放一部分,循环一部分,补充些新鲜氨水,排放的稀氨水可以就地施肥。脱硫塔的氨平衡示意简图,如图 5-3 所示。

第二节 能 量 衡 算

能有热能、电能、化学能、辐射能、机械能(动能、位能、静压能)和磁能等形式,但在化工生产中常常遇到的能量衡算是热量衡算。物料从一个体系进入另一个体系,在发生质量传递的同时也伴随着能量的消耗、释放和转化。物料质量变化的数量关系可以从物料衡算中求得,能量的变化则根据能量守恒定律,利用能量传递和转化的规律,通过平衡计算求得,这样的化工计算称为能量衡算。

一、能量衡算的意义

在化工生产中,有些过程需消耗巨大的能量,如蒸发、干燥、蒸馏等;而另一些过程则可释放大量能量,如燃烧、放热化学反应过程等。为了使生产保持在适宜的工艺条件下进行,必须掌握物料带入或带出体系的能量,控制能量的供给速率和放热速率。为此,需要对各生产体系进行能量衡算。能量衡算和物料衡算一样,对于生产工艺条件的确定,设备的设计是不可缺少的一种化工基本计算。

化工生产的能量消耗很大,能量消耗费用是化工产品的主要成本之一。衡量化工产品的能量消耗水平的指标是能耗,即制造单位重量(或单位体积)产品的能量消耗费用。能耗大小不仅与生产的工艺路线有关,也与生产管理的水平有关。所以,能耗也是衡量化工生产技术水平的主要指标之一。而能量衡算可为提高能量的利用率,降低能耗提供主要依据。

二、通过能量衡算可以解决的问题

- (1)确定流体输送机械(泵、压缩机、通风机等)和其他操作机械(搅拌机、过滤机、粉碎机等)所需的功率;
 - (2)确定各单元过程(蒸发、蒸馏、冷凝、冷却等)所需热量或冷量、及其传递速率;
 - (3)化学反应常伴有热效应,导致体系温度的上升或下降,为此,需确定保持一定的反应温度所需的放热速率或供热速率;
 - (4)为充分利用余热,必须采取有效措施,使过程的总能耗降低到最低限度。
- 所有过程的能量衡算,都必须在物料衡算的基础上进行。

三、热量衡算式

能量衡算包括两大部分:即进入体系的热量和从体系排除的热量。在化工生产中,一个设备的热量衡算一般可用下式表示:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6$$

式中 Q_1 ——物料带入的热量[kJ/h];

Q_2 ——加热蒸气带入的热量[kJ/h],如为冷却剂,则为带出的热量,应为负值,移到等号右边则为正值;

Q_3 ——过程的热效应[kJ/h];

Q_4 ——物料带出的热量[kJ/h];

Q_5 ——加热设备时所需的热量[kJ/h];

Q_6 ——热损失[kJ/h];

在以上六种热量中,一般未知的为 Q_2 ,即加热剂或冷却剂的热量,它可由热量衡算式中求出。算出 Q_2 ,即可求出传热面积以及加热剂或冷却剂的需要量。 Q_1 和 Q_4 很容易求出。 Q_5 和 Q_6 可按化工原理计算方法进行计算。 Q_3 为过程的热效应,可分为两大类:一是由于化学反应放出或吸入的热量,一般称为化学反应热;另一是由于物理化学过程所产生的热量,一般称为状态热。前者包括氧化热、氯化热、缩合热、磺化热、中和热、氢化热、聚合热、硝化热等;后者如汽化热、溶解热、升华热、结晶热等。这些数据可从手册中查到。有时须从生产实践或通过科学研究获得。在无数据可查的情况下,往往通过计算求出,其计算公式可从有关书籍或手册中找到。

例 5-5 精馏塔的热量衡算。利用热量衡算,可以确定加热蒸气和冷却水的消耗量及塔釜、产品冷凝器、产品冷却器和原料预热器的热负荷。如果所处理的物料在塔中的汽化量和溢流量接近恒摩尔流,可简化计算,否则要通过全塔热量衡算来求有关未知量。

1. 塔釜热负荷与加热蒸气用量的计算

塔釜热负荷可通过全塔的热量的衡算求得,

即

$$Q_6 + Q_r + Q_n = Q_v + Q_w + Q_L$$

于是

$$Q_B = Q_v + Q_w + Q_L - Q_r - Q_n$$

式中

Q_6 ——塔釜加热蒸气带入的热量, kJ/h;

Q_r ——进料带入的热量, kJ/h;

Q_n ——回流液带入的热量, kJ/h;

Q_v ——塔顶蒸气带出的热量, kJ/h;

Q_w ——塔底产品带出的热量, kJ/h;

Q_L ——散失于周围空间的热量, kJ/h。

加热蒸气用量 G_B 为

$$G_B = \frac{Q_B}{I_1 - I_2}$$

式中 I_1, I_2 ——分别为加热蒸气进入和离开塔釜的焓, kJ/kg。

若用饱和蒸气加热,且冷凝液在饱和温度下排出,则加热蒸气消耗量可按下式计算,即

$$G_B = \frac{Q_B}{r}$$

式中 r ——加热蒸气的汽化潜热, kJ/kg。

2. 冷凝器的热负荷与冷却水用量的计算

冷凝器的热量衡算可先求出冷凝器的热负荷及冷却水用量。

$$Q_1 = Q_c + Q_n + Q_p$$

于是

$$Q_c = Q_1 - Q_n - Q_p$$

式中 Q_c ——冷凝器中冷却水带出的热量, kJ/h;

Q_b ——塔顶产品带出的热量, kJ/h。

冷却水用量 G_c 为

$$G_c = \frac{Q_c}{i_2 - i_1}$$

式中 i_2, i_1 ——分别为冷却水在冷凝器出口和进口的焓, kJ/kg。

产品冷却器的冷却水用量, 也可按同样方法进行计算。

例 5-6 如图 5-4 所示。有一洗气塔(木格填料), 不洁净的气体从塔的下部进塔, 用离心水泵从水槽抽水, 送至洗气塔顶喷下, 从上往下与气体逆流接触, 污水从塔底经水封排出, 经过洗涤后的气体(净气)从塔的上部引出。已知:

1. 洗气塔的操作温度为 35°C , 压力为 4kgf/cm^2 (表压);
2. 泵出口的输送管道规格为 $\phi 325 \times 6$;
3. 每小时送至塔顶的水量为 350 吨;
4. 塔顶水进口处距地平面的距离为 11 米, 地下水槽液面距地面 3 米;
5. 地下水槽液面上的压强为 750mmHg ;
6. 泵的效率为 60%;
7. 管道的阻力损失 $\Sigma h_f = 10\text{mH}_2\text{O}$ 。

求泵的轴功率及电动机功率为多少千瓦。

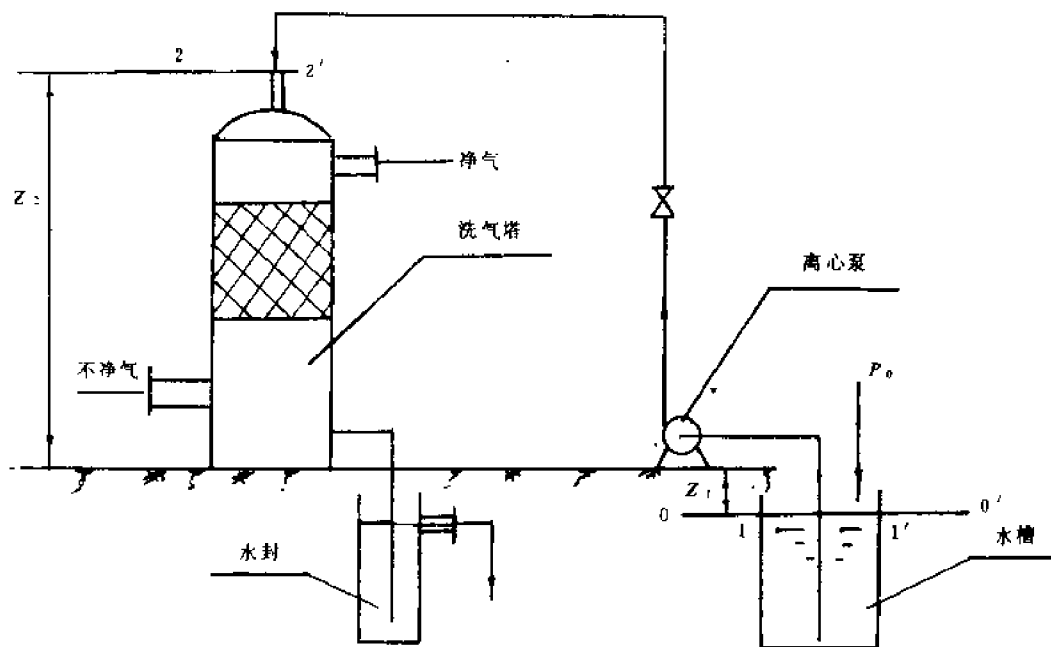


图 5-4 洗气流程示意图

解: 选择地下水槽的液面 1—1' 截面为基准面 0—0'。列 1—1' 与 2—2' 截面的能量衡算式(即柏努利方程式)。

$$l + z_1 + \frac{w_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + \Sigma h_f$$

式中 z_1, z_2 ——单位重量(1kg)流体在截面 1—1', 2—2'处所具有的位能,其单位为[m];

$\frac{w_1^2}{2g}, \frac{w_2^2}{2g}$ ——单位重量(1kg)流体在截面 1—1', 2—2'处所具有的动能,其单位简化为[m];

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}$ ——单位重量(1kg)流体在截面 1—1', 2—2'处所具有的静压能,其单位简化为[m];

l ——泵供给的能量,也称为泵的扬程,其单位为[m];

Σh_f ——单位重量流体流动时,因摩擦阻力而消耗的能量,其单位为[m];

γ ——流体的重度,其单位为[kg/m³];

p_1, p_2 ——分别为 1—1', 2—2'截面的压强[kg/m²].

因为 $z_1=0$ $z_2=11+3=14$ [m]

$$p_1=p_0=750\text{mmHg}=\frac{750}{735.6}\times 10^4[\text{kg/m}^2]$$

$$p_2=\frac{750}{735.6}\times 10^4+4\times 10^4[\text{kg/m}^2]$$

$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}}\approx 1000[\text{kg/m}^3]$$

$$W_1\approx 0$$

$$W_2=\frac{350\times 1000}{3600\times 1000}\frac{1}{\frac{\pi}{4}(0.325-2\times 0.006)^2}=1.28\text{m/s}$$

将有关数据代入能量衡算式,得

$$L=64.1\text{mH}_2\text{O}$$

重量流量

$$G=\frac{350\times 1000}{3600}=97.2[\text{kg/s}]$$

泵的有效功率

$$P_{\text{有效}}=97.2\times 64.1=6240[\text{kg}\cdot\text{m/s}]$$

因为

$$1\text{kW}=102[\text{kg}\cdot\text{m/s}]$$

所以

$$P_{\text{有效}}=\frac{6240}{102}=61\text{kW}$$

$$\text{泵的轴功率 } P_{\text{轴}}=\frac{61}{0.61}=103\text{kW}$$

$$\text{电动机功率 } P_{\text{电}}=K\times\frac{P_{\text{轴}}}{\eta_{\text{传}}}$$

式中 K ——电动机的富裕系数,其值 >1 ;

$\eta_{\text{传}}$ ——传动效率,如电动机与泵直接连接, $\eta_{\text{传动}}=1$;如用皮带轮连接,则 $\eta_{\text{传动}}=0.95$ 。

电动机的富裕系数是根据泵的轴功率选取的,如表 5-6 所示。

表 5-6 电动机的富裕系数

$P_{\text{轴}}(\text{kW})$	电动机的富裕系数 K
<1	1.3~1.4
1~2	1.2~1.3
2~5	1.15~1.2
5~50	1.1~1.15
>50	1.05~1.08

因为泵的轴功率为 103kW,故电动机的富裕系数为 1.05~1.08,取 1.07。

则电动机的功率为 $P_{\text{电}} = 103 \times 1.07 = 110 [\text{kW}]$ 。

例 5-7 设在一管壳加热器中,用压力为 136 kN/m^2 的饱和蒸气加热空气,蒸气流量是 0.01 kg/s ,空气流量是 1 kg/s ,冷凝液在饱和温度 (361 K) 下排出。若在这温度范围内,空气的平均比热是 $1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 。试计算空气的出口温度 (忽略热损失)。

解: 以 1 秒为计算基准。

由蒸气表查出, 136 kN/m^2 饱和蒸气的焓是 2689 kJ/kg , 361 K 水的焓是 368 kJ/kg 。

$$\begin{aligned}\text{蒸气放出的热} &= 0.01(2689 - 368) \\ &= 0.01 \times 2321 \text{ kJ/s} = 23.2 \text{ kW}\end{aligned}$$

设空气的出口温度为 T , 可列出热量衡算。取基准温度为 297 K , 于是进口空气的焓为 0。

$$\text{出口空气的焓} = 1.005(T - 297) \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned}\text{空气获得的热} &= 1 \times 1.005(T - 297) \text{ kJ/s} \\ &= (1.005T - 298.5) \text{ kW}\end{aligned}$$

热量衡算: 蒸气放出的热 = 空气获得的热 + 热损失

$$23.2 = 1.005T - 298.5$$

$$\text{所以 } T = 321.7 / 1.005 = 320 \text{ K}$$

四、脱硫塔的热量衡算

1. 罗茨鼓风机混合煤气出口温度

由《手册》式 (7-1-10)

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{K-1}{K}}$$

式中 K ——绝热指数;

T_1, T_2 ——罗茨鼓风机吸入、排出气体温度 K ;

p_1, p_2 ——罗茨鼓风机吸入、排出气体压力, kg/cm^2 (绝对)

进入脱硫工段半水煤气经过除尘塔后, 以温度降低 2°C 计:

$$T_1 = 273 + 33 = 306^\circ \text{K}$$

由《手册》式 (7-1-11)

$$\frac{1}{K-1} = \sum \frac{y_i}{K_i-1}$$

式中 y_i ——混合气体中各组份的体积百分数;

K_i ——混合气体中各组份的绝热指数。

由《手册》附表 1-1-1 查得各组份的绝热指数

$$\begin{aligned}\frac{1}{K-1} &= \frac{0.38666}{1.407-1} + \frac{0.20284}{1.4-1} + \frac{0.25352}{1.4-1} + \frac{0.14150}{1.3-1} + \frac{0.00385}{1.4-1} + \frac{0.01163}{1.308-1} \\ K &= 1.383\end{aligned}$$

罗茨鼓风机进口压力为 150 mmHg

$$p_1 = 1.0211 + 0.0150 = 1.0391 \text{ kg/cm}^2 \text{ (绝对)}$$

罗茨鼓风机出口压力为 3500 mmHg

$$p_2 = 1.0211 + 0.3500 = 1.3741 \text{ kg/cm}^2 \text{ (绝对)}$$

$$T_2 = 306 \times \left(\frac{1.3741}{1.0391} \right)^{\frac{1.383-1}{1.383}} = 330.6^\circ\text{K}$$

所以罗茨鼓风机混合煤气出口温度为 57.6°C

2. 脱硫塔

入热

(1) 混合煤气带入热

干煤气热容量 ($0 \sim 57.6^\circ\text{C}$ 平均)

由《手册》附图 1-5-11~17 查得干煤气各组份 $0 \sim 57.6^\circ\text{C}$ 的平均分子热容, $\text{kcal}/\text{kmol} \cdot ^\circ\text{C}$ 。

$$\text{H}_2 \quad 62.010 \times 6.893 = 427.435$$

$$\text{N}_2 \quad 32.530 \times 6.97 = 226.734$$

$$\text{CO} \quad 40.657 \times 6.978 = 283.705$$

$$\text{CO}_2 \quad 22.693 \times 8.986 = 203.919$$

$$\text{O}_2 \quad 0.618 \times 7.021 = 4.339$$

$$\text{CH}_4 \quad 1.866 \times 8.4 = 15.674$$

$$\text{合计} \quad 1161.806 \text{kcal}/^\circ\text{C}$$

$$\text{干煤气热含量} \quad 1161.806 \times 57.6 = 66920 \text{kcal} = 2.802 \times 10^5 \text{kJ}$$

进口混合煤气带入水蒸气热含量: 由《手册》附表 2-4-1 查得 33°C 的饱和蒸气压力为 $0.05128 \text{kg}/\text{cm}^2$

$$\frac{0.05128}{(1.0241 + 0.015) - 0.05128} \times 160.374 = 8.326 \text{kmol}$$

由《手册》附表 2-4-1 查得 57.6°C 的干饱和蒸气的焓为 $622.2 \text{kcal}/\text{kg}$

$$8.326 \times 18 \times 622.2 = 93248 \text{kcal} = 3.904 \times 10^5 \text{kJ}$$

所以混合煤气带入热 $= 66920 + 93248 = 160168 \text{kcal} = 6.706 \times 10^5 \text{kJ}$

$$(2) \text{氨水带入热} \quad 1 \times 16200 \times 33 = 534600 \text{kcal} = 2.238 \times 10^6 \text{kJ}$$

(3) 硫化氢反应热



$$\frac{(2 - 0.1) \times 3460.394}{34} \times 10900 = 2107 \text{kcal} = 8.822 \times 10^3 \text{kJ}$$

$$(4) \text{氨溶解热} \quad 495 \times 68.65 = 33982 \text{kcal} = 1.423 \times 10^5 \text{kJ}$$

式中 495 —— 20°C 时气态氨在纯水中溶解热, kcal/kg 氨。

$$(5) \text{合计} \quad 730857 \text{kcal} = 3.060 \times 10^6 \text{kJ}$$

出热

(1) 混合煤气带出热

干煤气热容量 ($0 \sim 35^\circ\text{C}$ 平均): 由《手册》附图 1-5-11~1-5-17 查得干煤气各组份 $0 \sim 35^\circ\text{C}$ 的平均分子热容, $\text{kcal}/\text{kmol} \cdot ^\circ\text{C}$

$$\text{H}_2 \quad 62.010 \times 6.875 = 426.319$$

$$\text{N}_2 \quad 32.530 \times 6.97 = 226.734$$

$$\text{CO} \quad 40.657 \times 6.975 = 283.583$$

$$\text{CO}_2 \quad 22.693 \times 8.88 = 201.511$$

O_2 $0.618 \times 6.995 = 4.323$
 CH_4 $1.866 \times 8.23 = 15.357$
 合计 $1157.830 \text{ kcal/}^\circ\text{C}$
 干煤气热含量 $1157.830 \times 35 = 40524 \text{ kcal} = 1.697 \times 10^5 \text{ kJ}$
 出口混合煤气水蒸气量 $\frac{0.05733}{(1.0241 + 0.31) - 0.05733} \times 160.374 = 7.202 \text{ kmol}$
 水蒸气热含量 $7.202 \times 612.6 \times 18 = 79415 \text{ kcal} = 3.325 \times 10^5 \text{ kJ}$
 所以混合煤气带出热 $= 40524 + 79415 = 119939 \text{ kcal} = 5.022 \times 10^5 \text{ kJ}$
 (2) 氨水带出热 16200 t kcal
 合计 $119939 + 16200 \text{ t kcal}$
 平衡 $730857 = 119939 + 16200 \text{ t}$
 $t = 37.7^\circ\text{C}$

所以氨水出脱硫塔温度为 37.7°C 。

脱硫塔的热量衡算简图见图 5-5

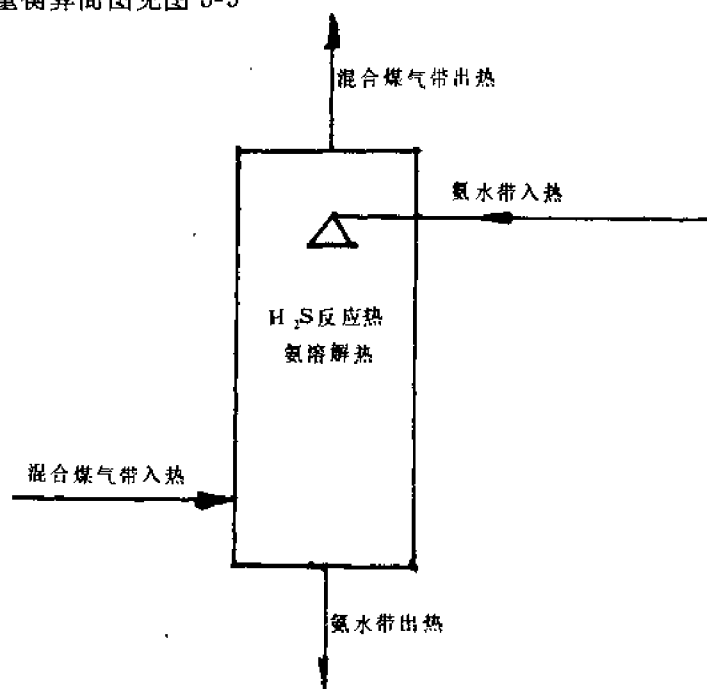


图 5-5 脱硫塔的热量衡算简图

第三节 合成氨厂脱硫系统主要设备工艺计算与选择

一、除尘塔塔径的计算

1. 已知条件

- (1) 处理干气量 $3592.382 \times 0.68 = 2442.82 \text{ 标准 m}^3/\text{h}$
- (2) 操作压力 3100 mmHg 全塔压力降为 100 mmHg
- (3) 操作温度 31°C (塔内平均温度)

(4) 计算基准: 每小时产 680 kgNH₃

2. 塔径计算

设进塔气体被水蒸气饱和由《手册》附表 2-4-1 查得 35℃ 的饱和水蒸气分压

$$p_{H_2O} = 42.17 \text{ mmHg}$$

$$p_{\text{进}} = 753 + \frac{31.00}{13.6} = 980.941 \text{ mmHg}$$

$$p_{\text{出}} = 753 + \frac{3000}{13.6} = 973.588 \text{ mmHg}$$

$$p_{\text{平均}} = \frac{980.941 + 973.588}{2} = 977.265 \text{ mmHg}$$

则进塔气体中水蒸气量

$$v_{\text{水汽}} = v_{\text{干}} \frac{p_{H_2O}}{p_{\text{平均}} - p_{H_2O}}$$

$$v_{\text{水汽}} = 2442.82 \times \frac{42.17}{977.265 - 42.17} = 110.171 \text{ 标准 m}^3/\text{h}$$

操作状态下的气体量

$$v_{\text{操}} = (2442.82 + 110.171) \times \frac{273 + 34}{273} \times \frac{760}{977.265} = 2232.678 \text{ m}^3/\text{h}$$

按上海东海化工厂、南京化肥厂用湍球塔除尘经验, 选用 $w_0 = 2.5 \text{ m/s}$, 液体喷淋密度 $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。

$$D = \sqrt{\frac{4v}{\pi w_0}} = \sqrt{\frac{4 \times 2232.678}{3.14 \times 2.5 \times 3600}} = 0.562 \text{ m}$$

取塔径 $D = 0.55 \text{ m}$

则实际空塔气速

$$w_0 = \frac{4 \times 2232.678}{3.14 \times 0.55^2 \times 3600} = 2.612 \text{ m/s}$$

3. 液体喷淋量

液体喷淋密度取 $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

液体用量

$$W = 0.785 \times 0.55^2 \times 40 = 9.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

二、脱硫塔的计算

1. 已知条件

(1) 处理气量 2442.82 标准 m^3/h

(2) 操作压力 3500 mmH₂O, 全塔压力降约为 400 mmH₂O;

(3) 气体进塔温度为 57.6℃; 气体出塔温度为 35℃;

$$\text{平均温度} = \frac{35 + 57.6}{2} = 46.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(4) 聚乙烯球径 $\phi 38 \text{ mm}$

2. 气体量计算

进塔气体饱和了 33℃ 时水蒸气, 由《手册》附表 2-4-1

查得 33℃ 的饱和蒸气分压

$$p_{H_2O} = 37.72 \text{ mmHg.}$$

$$p_{\text{进}} = 753 + \frac{3500}{13.6} = 1010.353 \text{ mmHg}$$

$$p_{\text{出}} = 753 + \frac{3100}{13.6} = 980.941 \text{ mmHg}$$

$$p_{\text{平均}} = \frac{1010.353 + 980.941}{2} = 995.647 \text{ mmHg}$$

则进塔气体中水蒸气量

$$v_{\text{水汽}} = v_{\text{干}} \frac{p_{H_2O}}{p_{\text{平均}} - p_{\text{水}}} = 2442.82 \times \frac{37.72}{995.647 - 37.72} = 96.19 \text{ 标准 m}^3/\text{h}$$

操作状态下的气体量

$$v_{\text{操}} = (2442.82 + 96.19) \times \frac{273 + 46.3}{273} \times \frac{760}{955.647} = 2266.78 \text{ m}^3/\text{h}$$

湿混合煤气成份见表 5-7。

表 5-7 湿混合煤气成份

成份	H ₂	CO	CO ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	H ₂ O	合计
%	37.201	24.391	13.614	0.371	19.515	1.119	3.789	100

3. 塔径计算

(1) 临界气速 w_k 由《手册》式(11-2-2): $w_k = \sqrt{\frac{2gd(\gamma - \gamma_g)\epsilon^3}{\xi_0 \gamma_g (1 - \epsilon)}}$

式中 g ——重力加速度, 9.81 m/s^2 ;

d ——小球直径, m ;

γ ——小球重度, kg/m^3 ;

γ_g ——气体重度, kg/m^3 ;

ϵ ——静止床的空隙率;

ξ_0 ——小球阻力系数

由《手册》表 11-2-1 及表 11-2-2 分别查得 $\gamma = 160 \text{ kg/m}^3$, $\xi_0 = 12$, ϵ 取为 0.4。

湿混合煤气平均分子量 $\bar{M} = \sum M_i y_i$

式中 M_i ——混合气体中各组份的分子量;

y_i ——混合气体中各组份的体积百分数。

算得湿混合煤气平均分子量 $\bar{M} = 20.015 \text{ kg/kmol}$

混合煤气操作状态下的重度

$$\gamma_g = \gamma_g \frac{T_0 p}{T p_0}$$

$$\gamma_g = \frac{20.015}{22.4} \times \frac{273}{273 + 46.3} \times \frac{995.647}{760} = 1.001 \text{ kg/m}^3$$

$$w_k = \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 0.038 \times (160 - 1.001) \times 0.4^3}{12 \times 1.001 \times (1 - 0.4)}} = 1.026 \text{ m/s}$$

(2) 塔径的计算: 由《手册》式(11-2-5) $w = A_1 w_k$

式中 w ——操作气速, m/s ;

A_1 ——系数, 1.5~3。

$$w=1.539\sim 3.078\text{m/s}$$

根据生产厂经验,同时也考虑到低负荷生产时,气速可大于临界气速,取空塔速度
 $w=3\text{m/s}$

$$D=\sqrt{\frac{4v}{\pi w}}$$

$$D=\sqrt{\frac{4\times 2266.78}{3.14\times 3\times 3600}}=0.517\text{m}, \quad \text{取 } D=500\text{mm}$$

$$\text{实际空塔速度} \quad w=\frac{2266.78}{0.785\times 0.5^2\times 3600}=3.210\text{m/s}$$

4. 静止床层高度及填料球总重量的计算

(1) 静止床层高度 H_0 为 300, 分四个吸收段校核: $\frac{H_0}{D}=\frac{300}{500}=0.6$

符合 $1>\frac{H_0}{D}>\frac{1}{2}$ 的条件

(2) 聚乙烯球用量: 每层用球数 n , 由《手册》式(11-2-1)

$$n=\frac{3}{2}(1-\varepsilon)\frac{D^2H_0}{d^3}$$

$$n=\frac{3}{2}(1-0.4)\frac{0.5^2\times 0.3}{0.038^3}=1230 \text{ 个}$$

总球数 $4\times 1230=4920$ 个

每个球重 4.5 克, 球总重 $=0.0045\times 4920=22.14\text{kg}$

5. 膨胀高度及塔板间距的计算

(1) 膨胀高度 H_c 。由《手册》式(11-2-6), 得

$$H_c=KH_0w^{1.147}l'^{0.7}$$

式中 K ——常数, 取平均 $K=0.06$;

l' ——喷淋密度, $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$

$$l'=\frac{l}{\frac{\pi}{4}D^2}$$

其中 l ——喷淋量, m^3/h 。

$$l'=\frac{16.200\times 0.68}{0.785\times 0.5^2}=56.13\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$$

$$H_c=0.06\times 0.3\times 3.21^{1.147}\times 56.13^{0.7}=1.150\text{m}$$

(2) 板间距 H_T

$$H_T=1.25H_c=1.25\times 1.150=1.437\text{m}$$

取板间距 $H_T=1.5\text{m}$

(3) 支承板结构的确定

采用栅板做支承板, 栅板直径 0.49m, 用 20×4 扁钢做栅条, 栅条中心距 25mm (缝宽 21mm, 小于 $2/3$ 球径)。

$$\text{所需栅条根数}=\frac{0.49}{0.025}=19.6(\text{根})$$

所以取 20 根栅条。

$$\text{自由截面率 } \varepsilon_0 \quad \varepsilon_0 = 1 - \frac{4}{25} = 0.84$$

自由截面积比较大,符合喷淋量较大的要求。

(4) 压力降 Δp 。由《手册》式(11-2-11)得

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4$$

式中 Δp ——气、固、液三相流化状态的总压力降, mmH₂O;

Δp_1 ——下支承板的平均压降, mmH₂O;

Δp_2 ——球体湍动引起的压降, mmH₂O;

Δp_3 ——床层持液引起的压降, mmH₂O;

Δp_4 ——上筛板的压降, mmH₂O。

① Δp_1 : 由《手册》式(11-2-12), 得

$$\Delta p_1 = \left[(1 - 0.9\varepsilon_0)^2 + 0.5 + \frac{4000\varepsilon_0\delta}{\left(\frac{w_0 d_s \gamma_0}{\mu_0 g} \right)^{0.2}} \right] \frac{w_0^2 \gamma_0}{2g}$$

式中 δ ——支承板厚度, m;

w_0 ——栅缝气速, m/s;

γ_0 ——气相重度, kg/m³;

μ_0 ——气相粘度, kg·s/m²;

d_s ——当量直径, m;

ε_0 ——支承板的自由截面率。

46.3℃时, 湿混合煤气的粘度 μ_0

$$\frac{\bar{M}}{\mu_0} = \sum \frac{M_i y_i}{\mu_i}$$

式中 \bar{M} ——湿混合煤气的平均分子量;

M_i ——湿混合煤气中各组份的分子量;

y_i ——湿混合煤气中各组份的体积百分数;

μ_i ——湿混合煤气中各组份的粘度。

由《手册》附图 1-6-1~1-6-5, 1-6-7, 1-6-9 查得湿混合煤气 46.3℃时各组份的粘度, 算得 46.3℃时, 湿混合煤气的粘度 $\mu_0 = 1.69 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{s/m}^2$

$$w_0 = \frac{w}{\varepsilon_0} = \frac{3.21}{0.84} = 3.821 \text{ m/s}$$

由《手册》第十一章第二节中公式

$$d_s = \frac{4ab}{2(a+b)}$$

式中 a ——缝宽, m;

b ——栅条长, m (以最长栅条来代替)。

$$d_s = \frac{4 \times 0.021 \times 0.49}{2 \times (0.021 + 0.49)} = 0.04 \text{ m}$$

$$\Delta p_1 = \left[(1 - 0.9 \times 0.84)^2 + 0.5 + \frac{4000 \times 0.84 \times 0.02}{\left(\frac{3.821 \times 0.04 \times 1.001}{1.69 \times 10^{-6} \times 9.81} \right)^{0.2}} \right] \times \frac{3.821^2 \times 1.001}{2 \times 9.81} = 8.411 \text{ mmH}_2\text{O}$$

② Δp_2 : 由《手册》式(11-2-14), 得

$$\Delta p_2 = H_0(\gamma - \gamma_0)(1 - \varepsilon)$$

$$\Delta p_2 = 0.3(160 - 1.001)(1 - 0.4) = 28.620 \text{ mmH}_2\text{O}$$

③ Δp_3 : 由《手册》式(11-2-15), 得

$$\Delta p_3 = \xi \frac{\Gamma}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

式中 ξ ——持液阻力系数, 0.85~0.95

Γ ——持液量, 升。

由《手册》式(11-2-8), 得

$$\Gamma = 1.98(U)^{0.5} H_0^{0.75} d^{-0.6} \gamma_0^{-0.5} D^2$$

$$\Gamma = 1.98 \times 56.13^{0.5} \times 0.3^{0.75} \times 0.038^{-0.6} \times 1.001^{-0.5} \times 0.5^2 = 10.68 \text{ 升}$$

$$\Delta p_3 = 0.9 \times \frac{10.68}{0.785 \times 0.5^2} = 48.978 \text{ mmH}_2\text{O}$$

④ Δp_4 :

$$\Delta p_4 = \Delta p_1 = 8.411 \text{ mmH}_2\text{O}$$

⑤ 总压降 Δp

$$\begin{aligned} \Delta p &= 4 \times (8.411 + 28.620 + 48.978) + 8.411 \\ &= 352.5 \text{ mmH}_2\text{O} \end{aligned}$$

三、设备的选择

1. 选择设备时应注意的事项

在选择设备时, 必须充分考虑设计的要求及各种定型设备和标准设备的规格、性能、技术特征及使用条件; 必须充分考虑需要与可能。

2. 选择设备的顺序

选择设备的一般顺序是先确定设备的型号, 然后确定其规格。

3. 选择实例

现以合成氨厂脱硫系统氨水泵为例, 说明氨水泵的选择步骤:

(1) 选择泵的型号

① 因为输送的是稀氨水, 其物理化学性质与水相似, 故可选用 BA 型离心泵(即单级、单吸式悬臂式离心泵)。

(2) 确定流量及扬程。

① 流量: 如果已给出正常、最小及最大流量, 选泵时应按最大流量考虑; 如果只给出正常流量, 则应按装置及工艺过程的具体情况采用适当的安全系数; 如果给出的是重量流量, 则应换算为体积流量。根据脱硫的要求, 最小流量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$, 最大流量为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

② 扬程: 按泵的不同布置情况, 利用柏努利方程求出泵的扬程, 再根据工艺过程情况, 考虑采用 1.05~1.1 的安全系数。按照脱硫的要求, 最小扬程为 30m 液柱, 最大扬程为 15m 液柱。

(3) 选择泵的具体型号。

根据介质的物性、已确定的流量、扬程以及泵的示性曲线, 选择泵的具体型号为 3BA 6A。现将该泵的型号标志说明如下:

3 ——吸入口径被 25 除(即该泵吸入口径为 75mm)。

BA ——单级单吸悬壁式离心泵。

6 ——比转数被 10 除(即该泵比转数为 60)。

A ——表示该泵更换了不同外径的叶轮。

3BA-6A 型离心泵的性能、外形尺寸及安装尺寸见生产厂的产品样本。

其他定型设备也可按类似的步骤,选择该设备的具体型号及规格。

四、脱硫系统主要设备(见表 5-8)

表 5-8 脱硫系统主要设备一览表

序号	设备名称	设备规格	型号或图号	材料	单位	数量	重量(公斤)	
							单重	总重
1	罗茨鼓风机	风量 40m³/分 风压 3500mmH₂O	LGA10-3500		台	2		
2	附电机 脱硫塔	40kW φ500 H=9492 湍球塔,四段球 φ38,装填高度每 段 100,材质聚乙 烯,每球重 4.5g	JO₂-250S-8 VSH3202XB	钢	台	1	1149	1149
3	氨水泵	流量 30—60m³/h 扬程 30—45m	3BA-6A		台	3		
4	附电机 除尘塔	15kW φ550 H=4550 湍球塔 球 φ38,材质聚乙 烯,每个球重 4.5g	JO₂-61-2 VSH3217X	钢	台	2	790	1580

复习思考题

1. 如何作物料衡算?
2. 通过能量衡算可以解决什么问题?
3. 物料衡算与能量衡算的意义何在?
4. 设备工艺计算的根据是什么? 如何选择泵?

习 题

1. 由电解食盐水得 1000kg 稀碱液,其组成为:NaOH10%;NaCl 10%;H₂O80% 在蒸发器内蒸发浓缩得到浓碱液,并有大部分食盐自溶液结晶析出,测得浓碱液的组成为 NaOH50%;NaCl2%;H₂O48% 求蒸发的水量(m_w),析出的食盐量($m_{\text{盐}}$)及浓碱液量($m_{\text{浓碱}}$)。

2. 今有两种组成不同的甲醇—水混合物分别盛在容器里,第一种混合物含甲醇 40% (mol),第二种混合物含甲醇 70% (mol),如将 200kmol 第一种混合物与 150kmol 第二种混合物混合,试计算新混合物的组成?

3. C₃H₈ 在 125% 的过量空气中完全燃烧,其反应式为 $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ 问每产生 100mol 燃烧产物(烟道气),需要多少摩尔空气?

4. 已知 A 含有 60% 的 C_6 , 40% 的 C_8 ; B 含有 50% 的 C_6 , 50% 的 C_8 。若每分钟有 200kmol A 与 100kmol B 混合, 问: ①每分钟产物是多少? ②混合物的组成是什么?

5. 将质量为 300kg 的空气与 24kg 的碳于 593K 在反应器中完全燃烧, 燃烧后, 没有物料留在反应器中, 问: ①有多少千克的碳离开反应器? ②有多少千克的氧离开反应器? ③离开反应器的总物料是多少千克?

6. 丙烯腈是丙烯、氨及氧反应的产物, 反应式为 $C_3H_6 + \frac{3}{2}O_2 + NH_3 \longrightarrow C_3H_3N + 3H_2O$ 。原料中含 10% (mol) 丙烯, 12% (mol) 氨, 78% (mol) 空气 问: ①试确定哪个反应物是限制物, 其他的反应物各剩多少? ②以限制反应物的转化率为 30% 计算, 每千摩尔 NH_3 可生产多少千摩尔丙烯腈?

7. 用空气氧化萘, 生成苯二甲酸酐。从反应器中排出的剩余气体中含有 12.6% 的氧, 83.2% 的氮和 4.2% 二氧化碳(假定萘 100% 被氧化)试计算输入空气对萘的比率是多少(以干基计算)?

8. 将一成分为 88% 的 C 和 12% H_2O 的液体气化, 然后燃烧, 得到烟道气的组成为: CO_2 13.4%, O_2 3.6%, N_2 83.0%。为了计算燃烧装置的体积, ①求质量为 100kg 燃料产生多少千摩尔干烟道气? ②使用的空气过量多少(%)?

9. 烟道气含有 60% (mol) N_2 , 15% CO_2 , 10% O_2 和与之平衡的 H_2O , 试求该烟道气(以干基计算)的组成?

10. 由奥氏分析器测得烟道气干基组成为: 65% N_2 , 14% CO_2 , 11% CO , 10% O_2 , 湿度计测出 H_2O 在烟道气中的物质的量分数为 0.07, 试求该烟道气(以湿基计算)的组成?

11. 乙烷与过剩 50% 的空气燃烧。乙烷的转化率为 90%, 燃烧的乙烷有 25% 生成 CO 和 CO_2 , 试计算烟道气的组成和水对干基烟道气的比率。

12. 某一组成的天然气在空气中燃烧, 对燃烧所产生的气体进行分析, 其结果如下: 水分测定 0.130mol H_2O /mol 湿气, 奥氏分析器分析结果: 1.5% CO , 6.0% CO_2 , 8.2% O_2 , 84.3% N_2 , 试计算该天然气的 H 对 C 的比率和该气体的组成。

13. C_2H_6 的脱 H_2 反应 $C_2H_6 \longrightarrow C_2H_4 + H_2$, $C_2H_6 + H_2 \longrightarrow 2CH_4$

已知: 原料的流率为 100kmol/h

产物的流率 140kmol/h

这些气体的组成见下表

原 料		产 物	
成 分	组成%	成 分	组成%
C_2H_6	85.0	C_2H_6	30.3
惰性物	15.0	C_2H_4	28.6
		H_2	26.8
		CH_4	3.6
		惰性物	10.7

①试计算乙烷的转化率;

②以原料为计算基准的乙烯产率;

③以反应物消耗为计算基准的产率;

④ C_2H_6 对 CH_4 的选择性。

第六章 设备布置设计及设备布置图

设备布置设计是化工专业设计的重要组成部分。设备布置设计是否合理,直接关系到基建费用、车间建成后是否符合工艺设计要求、是否有良好的操作条件、能否使生产正常、安全地进行、安装检修是否方便、车间管理、能量利用、经济效益等问题。

影响设备布置的因素很多,在设备布置前,必须充分掌握有关生产、安全、卫生等资料,全面考虑、仔细推敲,求得最佳设备布置方案。

设备布置设计是以工艺为主导,并在其他专业(如总图、土建、设备、安装、电力、采暖通风、外管等)密切配合下集中各方面的意见,最后由工艺专业人员汇总完成的。

第一节 设备布置设计

一、设备布置原则

1. 要满足生产工艺要求

(1)在布置设备时,设备的平面位置和高低位置,应符合工艺流程和工艺条件的要求。可以根据实际地形和厂房建筑结构的特点,因地制宜合理布置。一般来说,凡计量设备宜布置在最高层,主要设备如反应釜等应布置在中层,贮槽、传动设备(如压缩机、冷冻机、泵、离心机、破碎机)布置在底层。这样可减少厂房的荷载和振动,降低造价。

(2)同类型的设备或操作性质相似的有关设备,尽可能布置在一起,有效地利用车间建筑面积,便于管理、操作和维修。如塔体集中布置在塔架上,热交换器,泵成组布置在一处等。

2. 要符合经济原则

(1)要考虑设备及附属设备所占的位置、设备与设备之间或设备与建筑物间的安全距离(见附录 6-1)。设备布置时,还应适当留有余地,以备今后的发展;

(2)要充分利用高位差,节省动力;

(3)中小型化工厂的设备布置,除了气温较低的地区采用室内布置外,一般都可采用室内露天联合布置方案。化工部于 1984 年 5 月发出《关于化工厂设计采用联合、露天布置的原则规定》,要求各设计、研究、设备制造和生产等有关单位,尽量吸取国内外先进经验,针对不同情况,采取有效措施,最大限度地实现化工厂的联合、露天设备布置。

如吸收塔、大型液体原料、成品贮罐、废热锅炉、气柜、凉水塔、冷却器等设备都可以露天布置。这样做,有下列优点:

- ①减少建筑面积,节约建筑材料,降低工程造价,节约基本建设投资;
- ②节约土建施工工程量,因此可以使基建进度提前;
- ③有利于化工生产的防火、防爆和防毒,可节约通风设备及动力消耗;
- ④有火灾及爆炸危险性的设备,露天布置可降低厂房耐火等级,降低厂房造价。
- ⑤对厂房的改建、扩建灵活性大。

不允许有显著温度变化,不能受大气影响的一些设备如反应罐、各种机械传动的设备、装有精密度极高仪表的设备及其他应该布置在室内的设备,则应布置在室内。

3. 要符合安全生产要求

(1) 化工生产中,易燃、易爆、有毒的物品较多,布置设备时,应将加热炉、明火设备、产生有毒气体的设备布置在下风处,并使加热炉、明火设备与易燃、易爆设备按规范保持一定的间距。传动设备要有安装防护装置的位置。对于噪音大的设备宜采用封闭式隔间。

设备之间或设备与墙之间的净距离大小,虽无统一规定,但设计者应结合设备布置原则,设备大小、设备上连接管线的多少、管径的粗细、检修的频繁程度等各种因素,再根据生产经验,决定安全间距。对于中小型企业,在设备布置时,可参阅附录 6-1。

根据建工部建筑科学研究院对人体尺寸的研究,按照化工车间工人操作的具体情况,提出了工人操作设备时所需要的最小间距,如图 6-1 所示。

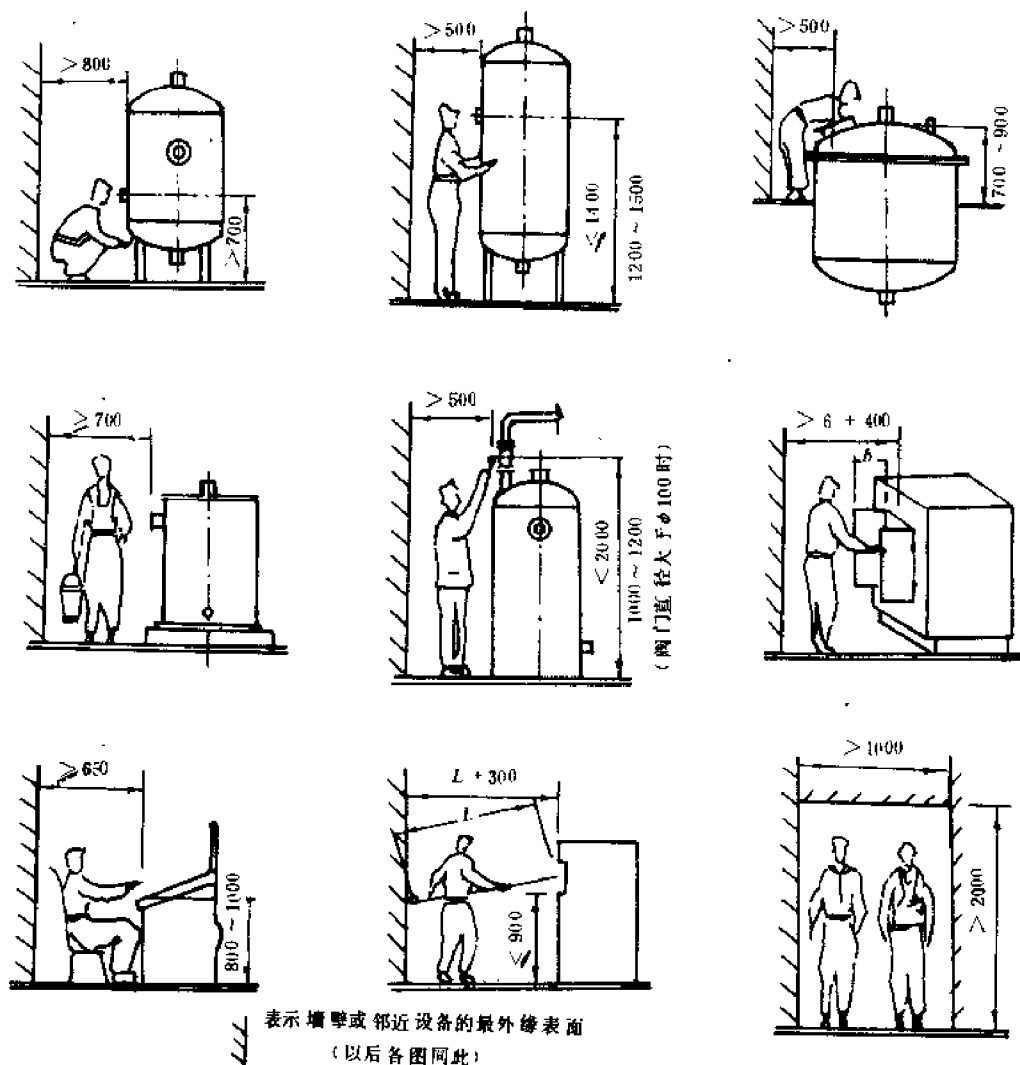


图 6-1 操作设备所需的最小间距
(图中尺寸以 mm 计)

(2)对于生产腐蚀性介质的设备,除设备基础防护外,还须考虑设备附近的墙、柱等的防腐蚀措施及工人操作安全。例如氮肥厂的合成、精炼、变换等车间(内装有压缩机、鼓风机、水泵等)与控制室是隔离的,其目的是考虑安全,防止有毒及爆炸性气体泄漏,损害人身安全。另外,操作平台上没有栏杆,也是不安全的,应给以重视。

4. 便于安装和检修

(1)设备要排列整齐,避免过挤过松,要充分考虑工人的操作和交通便利。原料、成品及排出物要有适当的位置和必要的运输通道;

(2)塔和立式设备的人孔,应对着空场地或检修通道而布置在同一方向。卧式容器的人孔则应布置在一条线上等;

(3)必须考虑设备如何运入或搬出车间,对于运入或搬出次数较多时,宜设大门(大门宽度比最大设备宽 0.5m);对于外形尺寸特大的设备,可设安装洞即在外墙预留洞口,待设备运入之后,再行砌封;

(4)有些设备例如反应釜、塔式设备等安装时一半在楼下,一半在楼上,可从楼板上安装孔吊上。

厂房比较短时,吊装孔设在靠山墙的一端,厂房长度超过 36m 时,吊装孔应设在厂房中央。在底层吊装孔附近要有大门,使需要吊装的设备由此进出。吊装孔不宜开得过大,一般控制在 2.7m 以内。

(5)设备应尽可能避免布置在窗前,以免影响采光和开窗,如必须布置在窗前时,设备与墙间的净距应大于 600mm。

(6)应考虑安装临时起重运输设备的场所及预埋吊钩,以便悬挂起重葫芦,拆卸及检修设备。

如在厂房内设置永久性的起重运输设备,则需考虑起重运输设备本身的高度,并使设备起吊运输高度大于运输途中最高设备的高度。

5. 要有良好的操作条件

设备布置时,要考虑采光条件,工人应背光操作,另外还要考虑通风。通风措施应根据生产过程中有害物质,易燃、易爆气体的浓度和爆炸极限及厂房的温度而决定。此外,还应考虑厂房的卫生条件。在劳动保护方面,诸如下灰工人没有洗手间;工人没有休息室,或有而位置不恰当;厂房太热或太冷,没有通风设备及保暖设备;平台、楼梯位置不妥当,碰头等,这些都必须加以改善。

下面列举几个实例,从安装、操作、检修、及发展等方面说明设备布置时应考虑的问题。

例 6-1 如图 6-2 所示。欲将水槽中的水,用泵输送至某地。泵安装在地面上,水槽在地面下,泵的吸入管中心线距液面大于 10 米水柱。

由于一个工程大气压的水柱高为 10 米水柱,不可能大于 10 米水柱。故泵的吸入管中心线距水平面 10 米时,不能吸上水。因此,这样安装泵是不合理的。

例 6-2 如图 6-3 所示。3 为脱硫塔,1 为解吸塔。由于两台氨水泵 2 的距离大,工人操作时必须来回走动,不方便。为了操作方便起见,应将两台氨水泵放在一起。

例 6-3 如图 6-4A 所示。将空气经送风机送入两个塔去。假如塔的阻力很小,而管道的阻力大,这样布置,1 号塔只能得到微量的空气,而大部分空气送至 2 号塔。为了使两塔均得到相同的风量,一方面可以在 2 号塔的进气管安装调节阀,另一方面可采用图 6-4B 的布置方式。

例 6-4 如图 6-5 所示。欲将设备的上节起吊,放至设备的下节上,因为设备的上节高 12 米,而吊装梁与设备下节顶部的距离只有 10 米,这样是无法安装的。

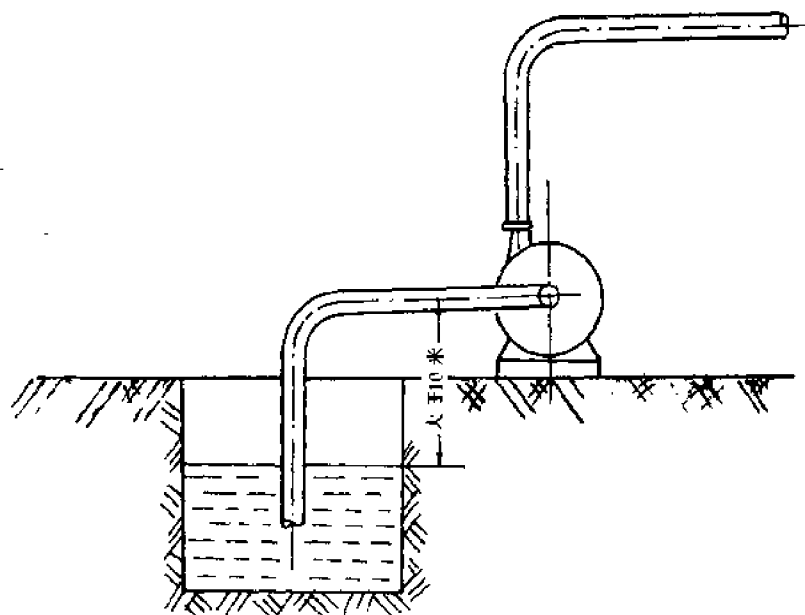


图 6-2 泵安装不妥

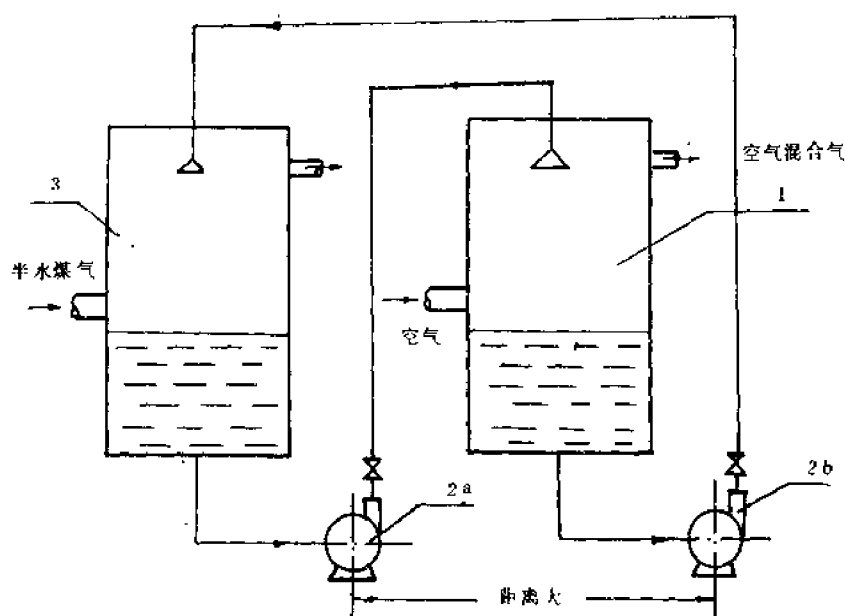


图 6-3 氨水泵布置

1—再生塔 2—泵 3—脱硫塔

例 6-5 如图 6-5 所示。套管式换热器布置见图 6-5。图中墙与设备之间的距离 L_1 很小,而 L_2 比较大。如果内管坏了或堵塞,必须拿出以便检修,按照图示的距离 L_1 ,很难拿出除非拆卸整个套管换热器或墙。

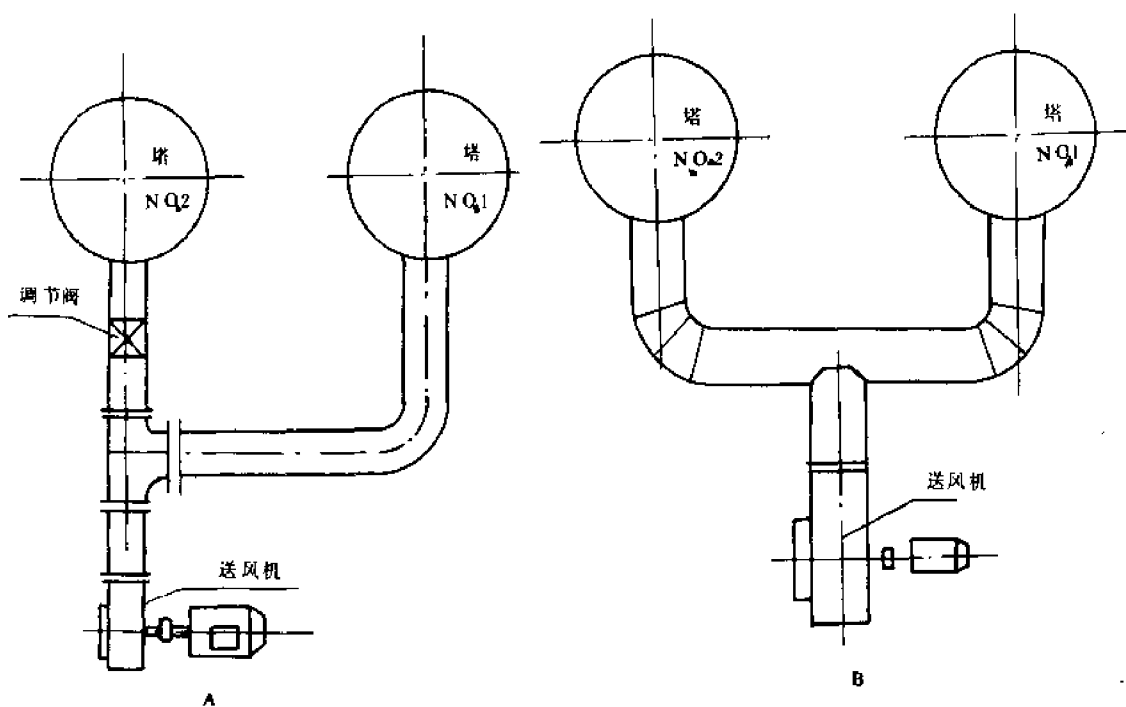


图 6-4 送风机的布置

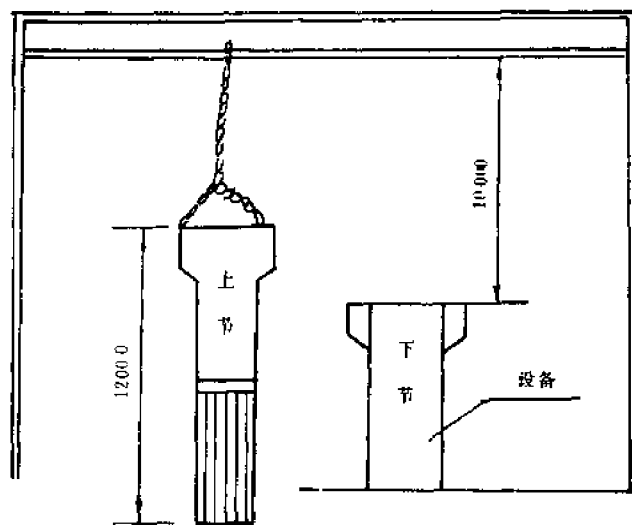


图 6-5 上节设备无法吊装

例 6-6 在设备布置时,通常应考虑到厂或车间的发展,预留足够的位置。决不能因为车间的布置不当,在需要发展时而受阻。图 6-7A 因发展受到限制,这样的布置是错误的。图 6-7B,因发展不受限制,布置正确。

有时,发展虽不受到限制,但需要发展时,车间内部的生产系统却被分隔成两部分。图 6-8A 的布置正确,图 6-8B 的布置不恰当。有关的例子还很多,在此就不一一列举了。

总之,设备布置需要考虑的问题是多方而的,如生产操作、安装检修、安全和劳动保护、经济、发展余地、整齐美观等。这些因素彼此之间互相牵连。例如操作上不合理和不方便,导致生

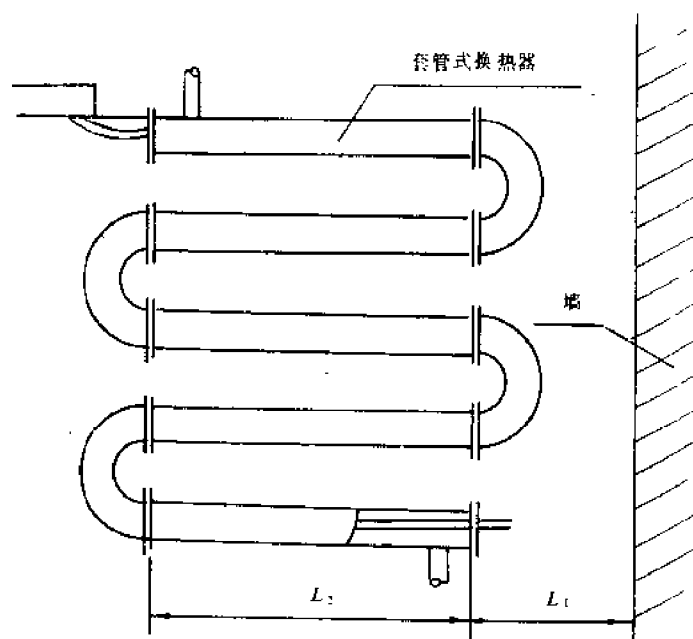


图 6-6 套管换热器布置示意图

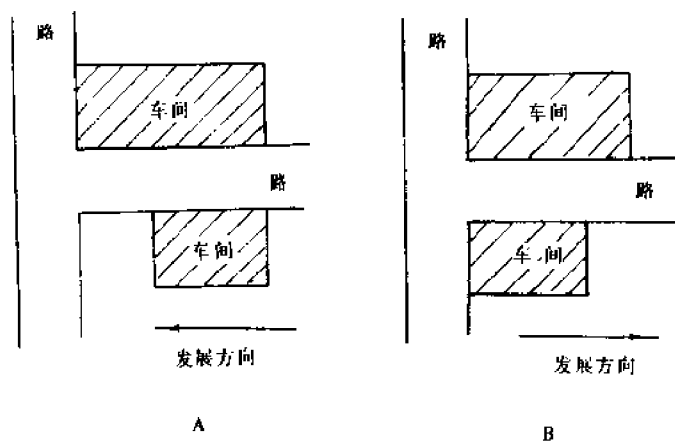


图 6-7 设备布置时应考虑到发展

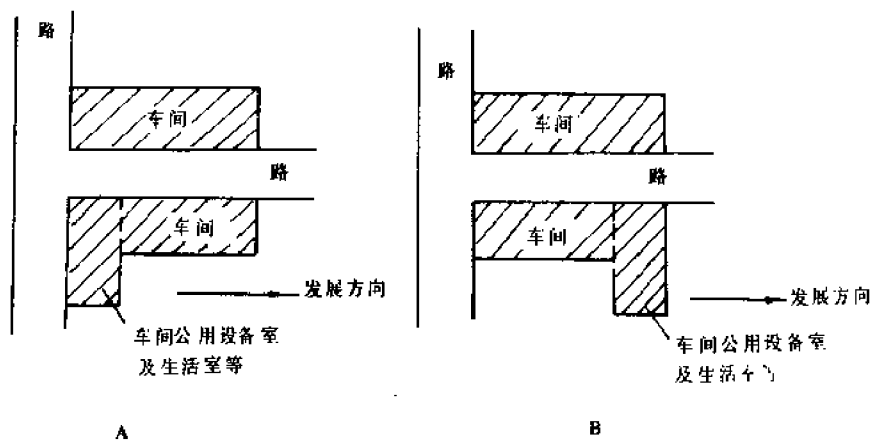


图 6-8 发展方向与生产系统的联系

产遭到破坏,检修不方便,也会影响生产;不安全,危害人身安全,无法进行生产。应按具体情况,抓住主要矛盾,满足主要的要求,力求各方面的因素日趋完善,并参考有关规定和文件资料,充分听取各方面的意见,使设备布置更趋合理。

二、设备布置与土建专业的关系

设备布置是建筑图设计的前提,而建筑图又是设备布置图定稿的依据。

工艺专业设计人员在完成工艺设备布置设计的初稿时,应向土建专业设计部门提出工艺设计的要求,例如:厂房面积、内部分隔、跨度、层数、门窗和楼梯位置以及与设备安装有关的操作平台,预留孔洞等,作为厂房建筑设计的依据。建筑设计人员完成建筑设计后,将设计返回工艺设计人员,再对设备布置设计进行修改和补充,使其更趋合理,然后定稿。定稿的设备布置图,可作为设备安装和管道布置的依据。

三、设备布置设计的步骤

(1)根据工艺的要求与土建设计部门共同拟订各车间的结构形式、柱距、跨度、层高、间数等初步方案,并画成1:50或1:100比例的车间建筑平面图。

(2)将确定的设备按其数量的多少及最大的外形尺寸剪成相同比例的硬纸块(一般为1:50或1:100)并标明设备的名称。

(3)将这些设备的硬纸块按工艺流程布置在相同比例的车间建筑平面图上,布置形式可多种多样,一般宜布置2~3个方案,以便加以比较。经过多方面的比较后,选择一个最佳方案,绘制成平立面草图。

(4)安排辅助室和生活室。一般将这些房间集中在规定区域内,不得在车间内任意隔置,防止厂房零乱、和影响厂房通风条件。

(5)车间平立面布置草图完成后,要广泛征求有关专业的意见,集思广益,作必要的调整,提交建筑人员设计建筑图。

(6)工艺设计人员在取得建筑设计图后,根据布置草图绘制成正式的设备平立面布置图。

第二节 不同设计阶段的设备布置图

在扩大初步设计和施工图设计阶段中,都需绘制设备布置图。前者所绘的图样是提供有关部门讨论审查和作为进一步设计的依据。而施工图设计阶段的设备布置图,除供设计部门各专业作为条件用途外,还是施工时设备安装就位的依据。

两个设计阶段的设备布置图,因其作用不同,设计深度和表达要求也不相同。

一、扩大初步设计阶段的设备布置图

只以平面布置图表达设备的大致布置情况,设备本身的安装方位一般尚未确定,所以管口等一律不予画出。厂房建筑一般只表示对基本结构的要求。设备安装孔洞、操作平台等有待进一步设计。因此,或是不画、或是简单的表示。


二、施工图设计阶段的设备布置图

1. 作用及内容

绘制设备布置图时,应以工艺流程图、厂房建筑图,设备条件图等作为依据。通过这些图纸资料,对工艺过程特点、设备的种类和数量、设备的工艺特性和主要尺寸,设备安装的高低位置、厂房建筑的基本结构等详细了解后,才能绘制设备布置图。

简单说来,在厂房建筑图上以建筑物的定位轴线为基准,按设备的安装位置添加设备的图形或标记,并标注其定位尺寸,即成为设备布置图。设备布置图是用来表示一个车间(一个工段或一套装置)的全部设备及设备管口方位在厂房建筑内外安装布置的详图。厂房平面图上的设备布置图称为设备平面布置图或设备布置平面图。平面图一般是每层厂房绘制一张。平面图要反映出厂房建筑的方位、面积大小、内部分隔以及与设备安装定位有关的建筑物、构筑物的结构形状和相对位置。剖面图上的设备布置称为设备布置剖面图或设备布置立面图。剖面图是在厂房建筑的适当位置剖切,剖切后绘出的立面图。剖面图要求反映出在垂直方向设备安装布置的情况。

根据工艺流程的要求,室内外设备布置的原则及厂房建筑本身的特性,将脱硫系统(见第四章)的脱硫塔、再生塔、鼓风机、除尘塔和氨水槽布置在室外,而将两台罗茨鼓风机及三台氨水泵布置在室内。具体情况,见脱硫系统设备布置图 6-9。

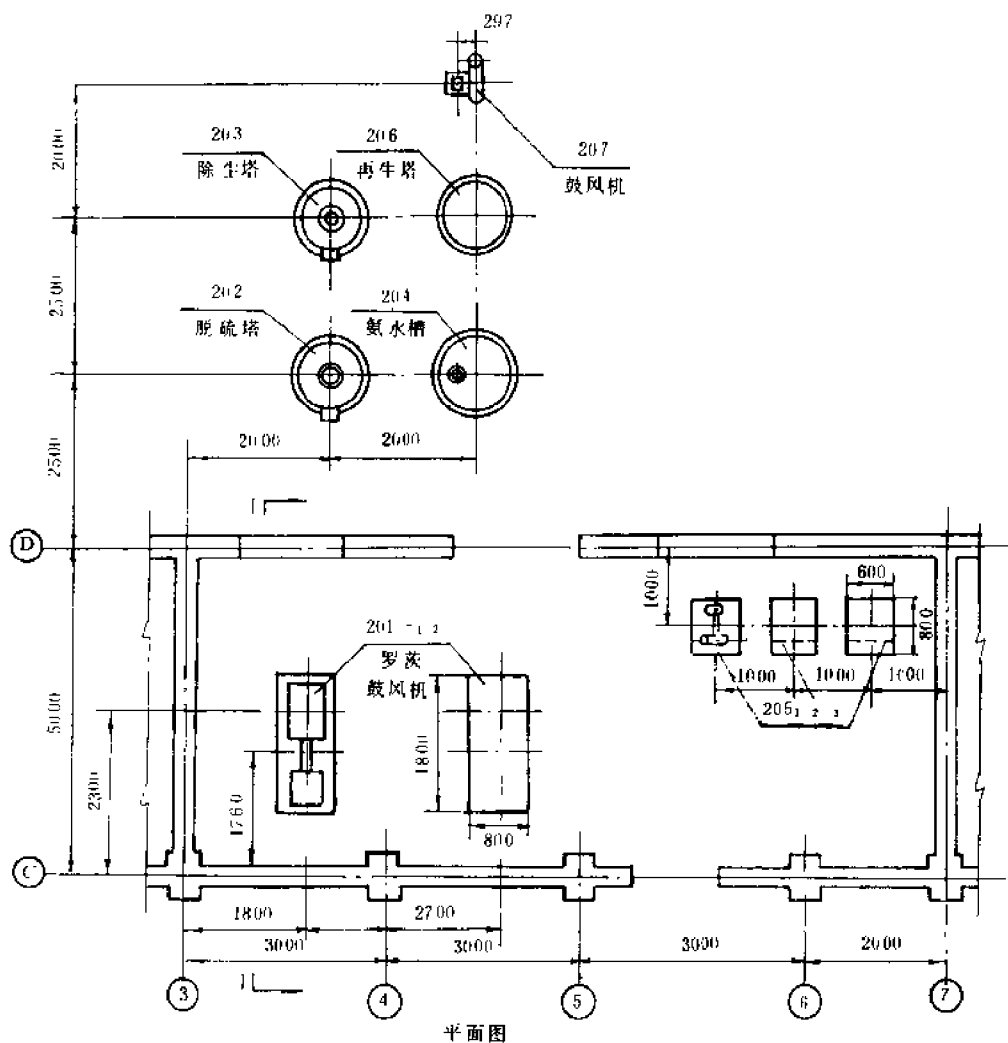
图 6-9 包括一个平面图和一个剖面图、平面图表达了脱硫系统各个设备的平面布置情况;剖面图表达了室内设备在立面图上的位置关系。剖面图的剖切位置是在平面布置图上的 

2. 绘图步骤

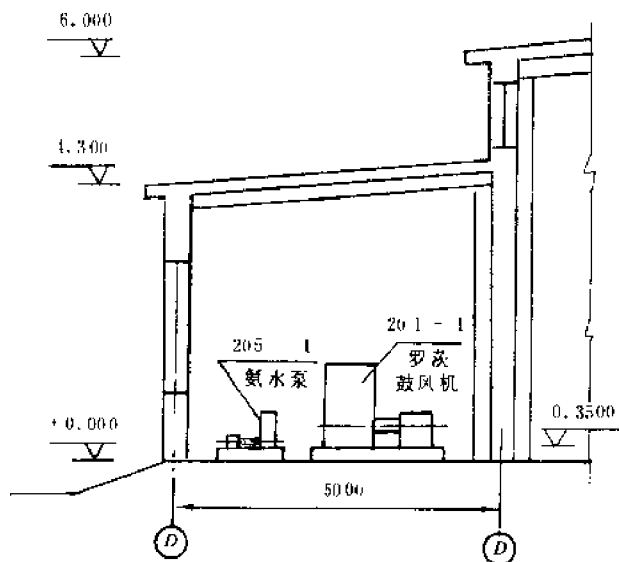
- (1)考虑设备布置图的视图配置;
- (2)选定绘图比例;
- (3)确定图纸幅面;
- (4)绘制平面图(从底层平面起逐张绘制);
 - ①画建筑定位轴线;
 - ②画与设备安装布置有关的厂房建筑基本结构;
 - ③画设备中心线;
 - ④画设备、支架、基础、操作平台等的轮廓形状;
 - ⑤标注尺寸;
 - ⑥标注定位轴线、编号及设备位号、名称;
 - ⑦图上如果分区,还需画分区界线,并作标注。
- (5)绘制剖视图(绘制步骤与平面图大致相同,逐个画出各剖视图);
- (6)绘制方位标;
- (7)编制设备一览表,注写有关说明,填写标题栏;
- (8)检查、校核,最后完成图样。

3. 绘制设备布置图的注意事项

(1)设备布置图中的厂房建筑部分(包括剖切后的剖面轮廓),一般只用细实线画出与设备安装定位有关的结构,如墙、墙垛、柱、安装孔及设备底座等。



平面图



I-I 剖面

设备位置图

(2)与设备安装定位关系不大的门、窗、楼梯等,只在平面图上用规定画法表示。

(3)在设备布置剖面图上,特别是当这些构筑物的投影同设备的投影重叠时,一般都省略不画。

(4)定位轴线及其间距、厂房的长、宽尺寸及标高等,都应一一标注清楚。

(5)设备一般都采用粗实线画出其外形轮廓和接口管,相同的设备往往只画出一台,其余只画出其外框线或底座轮廓。某些定型的通用机械设备如泵、压缩机等,只画出其底座轮廓。例如图 6-9 中的罗茨鼓风机和氨水泵,都只各画出一台,其余则画出其底座轮廓。

(6)所有的设备都应编号,并注写设备名称。这些名称和编号应与施工流程图中所注写的编号相同。

(7)设备及其零部件或底座的定位轴线,应该是它们的对称中心线或轴线。它们在平面图上的定位尺寸,是以厂房的墙、柱等定位轴线为基准;在剖面图上的标高尺寸,则以厂房标高的零点为基准。

(8)设备布置图常用 1:50 和 1:100 绘制,允许在同一张图上各视图采用不同的比例,但需注明。图幅一般采用一号图纸,如需加长,则需符合国家标准(机械制图 GB126-74)的规定。

4. 设备布置的成品

设备布置的最终成品是设备平立面布置图。如规模大时还需要有一张联系各建筑物的装置总平面图。比例一般用 1:100,如装置内建(构)筑物单体较多,图面超过 A_0 ,则装置平面图也可采用 1:200。

(1)车间平面布置图。车间平面图包括以下内容:

①厂房建筑平面图,注有厂房边墙轮廓线、门窗位置、楼梯位置、柱网间距和编号以及各层相对标高。

②设备外形尺寸俯视图和设备编号。

③设备定位尺寸和尺寸线,设备管口方位及大小。

④操作台平面示意图、主要尺寸和台面相对标高。

⑤吊车及吊车梁的平面位置。

⑥地坑、地沟位置、尺寸及地坑、地沟相对标高。

⑦吊装孔的位置和尺寸。

⑧辅助室、生活室的位置及尺寸和室内设备器具等的示意图和尺寸。

(2)车间立面布置图。车间立面布置图包括以下内容:

①厂房建筑立面图,包括厂房边墙轮廓线、门及楼梯位置,柱网间距和编号,以及各层相对标高,梁的高度等。

②设备外形尺寸侧视图及设备编号。

③设备高度定位尺寸及尺寸线。

④设备支撑形式。

⑤操作台立面示意图和主要尺寸。

⑥吊车梁的立面位置及高度。

⑦地坑、地沟的位置及深度。

(3)装置总平面图。大型装置布置图如分单体绘制时,尚需增加总平面图作为整个装置全貌的介绍及各个单体的索引。

总平面图包括各建(构)筑物轮廓线,门窗楼梯位置,柱网编号和尺寸,室外设备外形尺寸,设备编号和定位尺寸。操作支架及辅助设施示意图;界区内道路,铁路专用线,运搬设施,管廊、管沟、地坑、消防设施的位置及尺寸。单体接续线位置及编号,以总界区左下角为基准点,标出基准点的坐标及相当于在总图上的坐标。

第三节 各类设备布置的注意事项

一、反应器

1. 釜式反应器

(1)釜式反应器通常为间歇操作。布置时要便于加料和出料。液体物料通常是经高位槽计量后依靠位差加入釜中。固体物料大多是用吊车从人孔加入釜内,因此人孔离地或操作平台的高度以 800mm 为宜,如图 6-10 所示。

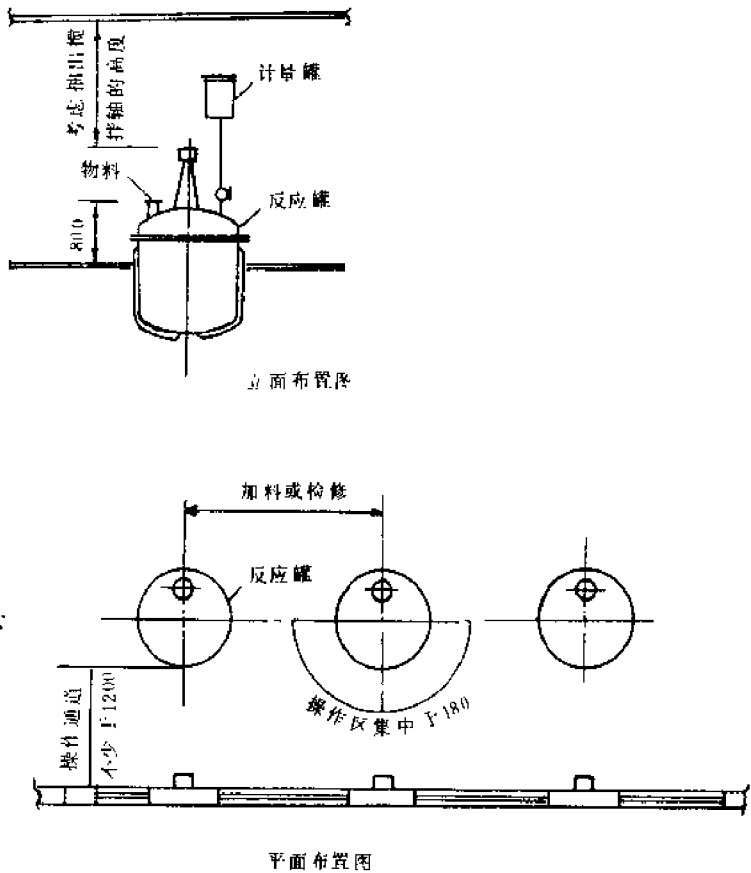


图 6-10 釜式反应器布置示意图

(2)釜式反应器一般用耳架支承在建(构)筑物上或操作台的梁上。对大型、重量大或振动大的设备,要用支脚直接支承在地面或楼板上。

(3)两台以上相同的反应器应尽可能排成一直线。反应器之间的距离,根据设备大小,附属设备和管道具体情况而定。管道阀门应尽可能集中布置在反应器一侧,以便于操作。

(4)带有搅拌器的反应器,其上部应设置安装及检修用的起吊设备。小型反应器如不设起

吊设备,则必须设置吊钩,以便临时设置起吊设备。设备顶端与建筑物间必须留出足够的高度,以便抽出搅拌器。

(5)跨楼板布置的反应器,要设置出料阀门操作台;反应物粘度大,或含有固体物料的反应器要考虑疏通堵塞和管道清洗的问题。

(6)反应器底部出口离地面高度:物料从底部出料口自流进入离心机要有1~1.5m距离;底部不设出料口,有人通过时,底部离基准面最小距离为1.8m;当搅拌器安装在设备底部时,应留出抽取搅拌器的空间,净空高度不小于搅拌轴的长度。

(7)易燃易爆反应器,特别是反应激烈,易出事故的反应器,布置时要充分考虑安全措施。

2. 连续反应器

(1)连续反应器有单台式和多台串联式(如图6-11)。布置时除釜式反应器所列要求外,由于进料出料都是连续的,多台串联时必须特别注意物料进出口间的压差和流体流动的阻力损失,即

$$H\gamma > (p_1 - p_2) + \Sigma R$$

式中 H ——设备之间液位差,m;

γ ——反应物重度,kg/m³;

p_1, p_2 ——反应器1,2的操作压力,kgf/cm²;

ΣR ——反应物料流动阻力损失总和, ($\Sigma R = R_{\text{流动速度损失}} + R_{\text{摩擦损失}} + R_{\text{局部阻力损失}}$), kgf/m²。

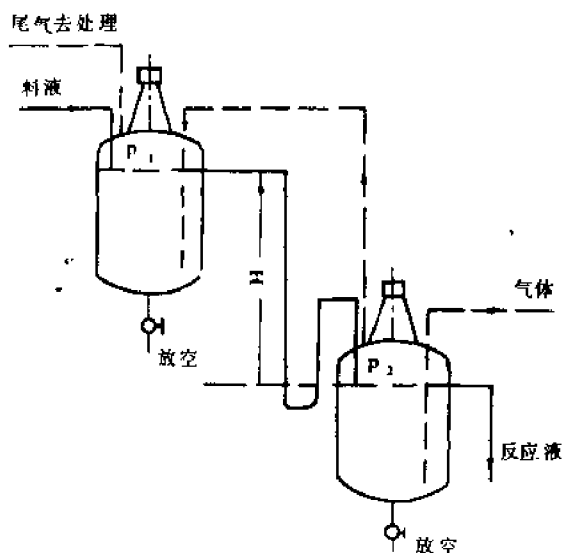


图 6-11 多台连续反应器串联布置图

(2)如果出料用加压泵循环时,除反应器为加压操作外,反应器必须有足够的位差,以满足加压泵净正吸入压头的需要。

(3)多台串联反应器可并排排列或排成一圈。

3. 固定床反应器

(1)催化剂可以由反应器的顶部加入或用真空抽入,装料口离操作台800mm左右,超过800mm时要设置工作平台。

(2)反应器上部要留出足够空间。供检修或吊装催化剂篮框用。

(3)反应器如从底部(或侧面出料口)卸料时,应留足够的空间。当底部离地面大于 1.5m 时,应设置操作平台。底部离地面最小距离不得小于 500mm(如图 6-12)。

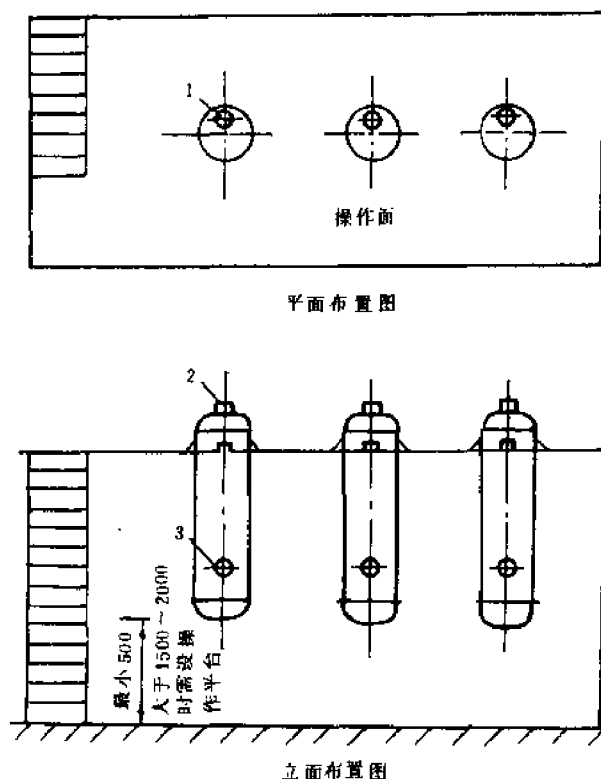


图 6-12 单台催化反应器布置示意图

- (4)多台反应器应布置在一条中心线上,周围留有存放催化剂的容器与必要的检修场地。
- (5)操作阀门与取样口应尽量集中在一侧,并与加料口不在同一侧,以免相互干扰。

4. 流化床反应器

(1)布置要求基本上与固定床反应器相同。此外,还应考虑与其相配的流体输送设备及附属设备的布置位置。设备间的距离在满足管线连接安装的要求下,应尽可能地缩短。

(2)催化剂进出反应器的角度,应能使得固体物料流动通畅,有时还应保持足够的料封。

(3)对于体积大,反应压力较高的反应器,应该采用坚固的结构支承。

(4)反应器支座(或裙座)应有足够的散热长度,使支座与建筑物或地面的接触面上的温度不致过高。要求钢筋混凝土不高于 100℃,钢结构不高于 150℃。

二、混合器

混合器可处理固体、浆液或液体物料的混合。把固体混合到液体中去,属于液体混合器的范畴,把液体混入固体则属于固体混合器的范畴。

1. 液体混合器

(1)液体混合器通常是内部装有立式或倾斜式或卧式搅拌器的设备,上部有液体或固体加料口及相应的固体输送设备,所以布置时必须考虑搅拌器的平衡及由于固体物料和两种不同物料加入时而引起的振动,还要处理好面体物料的进出问题。

(2)多台串联连接混合器应该使混合器液面有足够的位差;保持物流畅通。

(3)重力式流动的混合器——沉降器,在布置时要考虑沉降器与沉降器之间固体管道的坡度,并尽可能使连接管道最短。用泵输送物料时,最好在泵进口处加一混合器,防止泵阻塞。如果多组混合器利用位差连续操作时,则必须有足够的位差,以利于物料的流动。

2. 固体混合器

固体混合器有螺旋式混合器、单转子或双转子混合器,以及行星式混合器等。这类混合器,物料是从混合器顶部或一端加入,产品从中部或底部排出。进、出料输送机可以布置成任何水平角度,输送机与混合器之间和溜槽衔接;溜槽要保持一定角度,以保证物流的畅通。用气流输送物料时,在混合器上需装旋风分离器。

回转式混合器为转动设备,布置时应考虑安装检修所需要的空间。

出料口与地面之间应该留有设置物料受器的足够空间。出料方式采用输送机传送时,其布置要求如同上一节。

带碾轮的混合器,一般比较沉重,通常布置在厂房底层。

3. 浆料混合器

此类混合器一般是带有慢速搅拌器的槽,搅拌形式有桨式或耙式,还有处理更粘性物料的闭式混炼器及搓揉式混合器。这类混合器都必须有坚固的基础,最好布置在底层。

三、蒸发器

(1)蒸发器及其附属设备(包括加热器、气液分离器、冷凝器、盐析器、真空泵及料液输送泵等)应成组布置,其布置示意图见图 6-13。

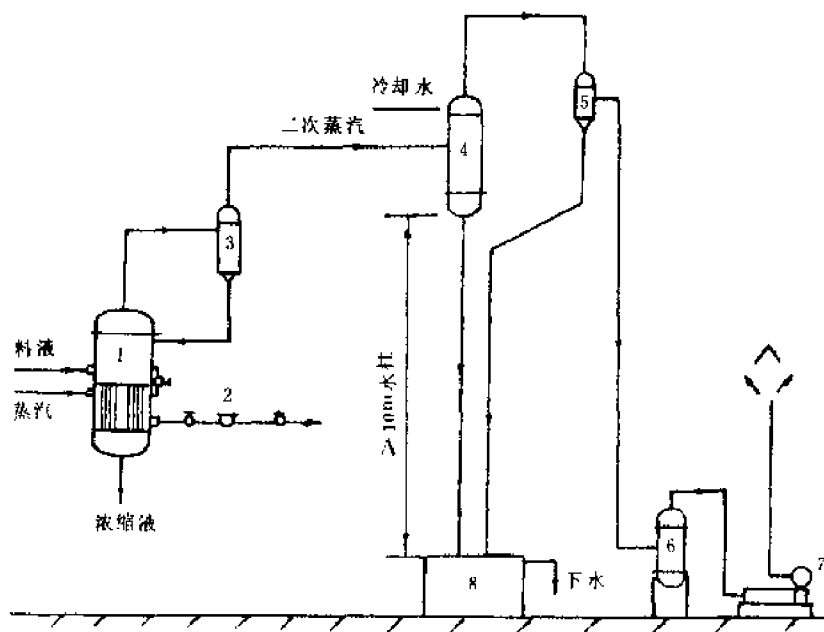


图 6-13 蒸发器成组布置示意图

1—蒸发器; 2—蒸汽包; 3、5—分离器; 4—混合冷凝器; 6—缓冲罐; 7—真空泵; 8—水箱

(2)多台蒸发器可以成一直线布置或成组布置。

(3)蒸发器视镜、仪表和取样点应相对集中。

(4)考虑蒸发器内(外)加热器的检修清洗或更换加热管,需设置起吊设施。

(5)通常蒸发器之间蒸气管线的管径较大,在满足管道安装、检修的要求下,应尽量缩小蒸发器之间的距离。

(6)蒸发器的最小安装高度决定于料液输送泵的净正吸入高度。

(7)冷凝器的布置高度应保持气压柱大于 10m(水柱)高度(冷凝器底至热水、井水平面的高度),气压柱应垂直,若需倾斜,其角度不得大于 45°。

(8)容易溅漏的蒸发器,在设备周围地面上要砌设围堰,便于料液集中处理,地面需铺砌瓷砖或作其他处理。

(9)蒸发器布置在室内时,散热量较大,在建筑上应采取措施,加强自然通风或设置通风设施。

(10)有固体结晶析出的蒸发器还需考虑固体出料及输送。

四、结晶器

(1)结晶通常是在搅拌下进行的,因此布置结晶器时,要考虑搅拌器的安装、检修及操作所需要的空间和场地。

(2)结晶器进料是浆状液,出料是固体状,布置时要很好地考虑设备间的位差及距离。所有管道必须有足够的坡度。

(3)所有设备及管道需有排净的措施。

(4)结晶器通常布置在室内,人孔高度最好不超过 1~1.2m,如果超过必须设置操作平台。

五、贮罐

(1)立式贮罐布置时,按罐外壁取齐;卧式贮罐按封头切线取齐。

(2)在室外布置易挥发液体贮罐,应设置喷淋冷却设施。

(3)液位计、进出料接管,仪表尽量集中于贮罐的一侧,另一侧供通道与检修用。

(4)罐与罐之间的距离,除应遵守“建筑设计防火规定”TJ16-74(试行)中有关规定外,在没有阀门或仪表时,容器之间的通道应不小于 750mm;有阀门或仪表时,应保证操作通道净宽不小于 1m。在有限长度内,均匀布置多个贮罐时,如保证前述间距有困难,则可把两个贮罐作为一组紧靠在一起布置,缩小其间距而加大与另一组或另一个贮罐的间距,以便于操作、安装与检修。

(5)贮罐周围应按规定设置防护围堤,贮存腐蚀性物料罐区的地坪应作防腐蚀处理。

(6)立式贮罐安装高度应根据接管需要及输送泵的净正吸入压头的要求确定。卧式贮罐安装高度除按上述条件确定外,对多台不同大小的贮罐,其底部宜布置在同一标高上。

(7)立式贮罐的人孔,若设置在罐侧,其离地高度不应大于 800mm。若设置在罐顶,对于多个贮罐应设检修平台,对于单只贮罐,设爬梯上下。

(8)有搅拌器的贮罐,必要时需设置修理搅拌器的起吊设施。

六、工业炉和各种明火设备

(1)在生产装置内,工业炉与各种明火设备应集中布置在一端,并位于主导风向的上风侧。

(2)工业炉与工业炉间需要留出足够的间距,并应尽可能的布置在一直线上。

(3)炉前要有足够的操作面积,渣场、燃料堆场都须合理布局。

(4)明火设备离开产生可燃性气体设备的距离至少 15m,并尽可能置于设备的上风侧,以确保安全。

(5)明火设备附近 12m 内所有地下水沟、水井、管沟都必须密封,以防可燃气体在沟内聚积而引起火灾。

(6)要有足够的通道面积;以保证火灾时人员的疏散和消防车的进入。

(7)要设置可靠的消防设施。

(8)工业炉要有适当的防爆措施。

(9)工业炉的烟囱设置,除了满足工业炉的要求外,还要符合国家环保的要求。

七、塔

(1)大型塔设备多数露天布置,用裙式支座直接安装于基础上,如图 6-14 所示。

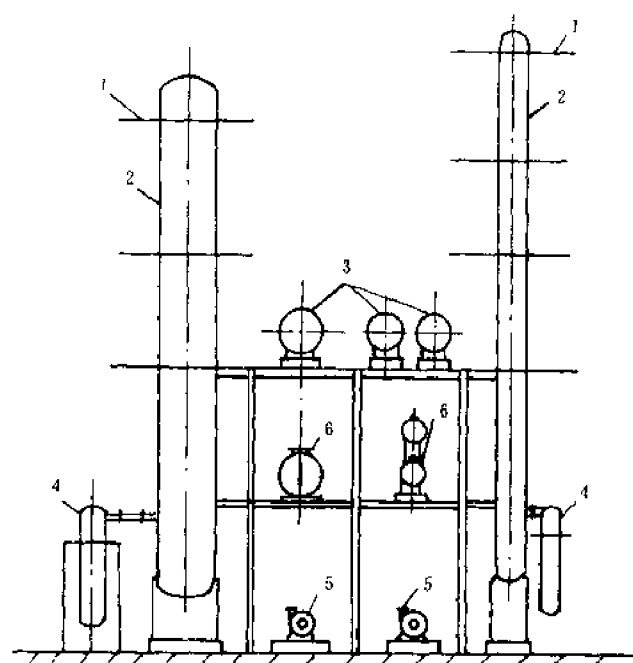


图 6-14 塔及辅助设备布置示意图

1—平台; 2—塔; 3—换热器; 4—再沸器; 5—泵; 6—贮罐

(2) ϕ/m 以下的塔设备不能靠自身重量单独直立安装,需依附于建筑物或构筑物上,可布置在室内,靠楼板支承或用框架支承。

(3)多个塔可按流程成排布置,也可根据具体条件布置,并尽可能处于一条中心线上。其附属设备的框架及接管安排于一侧,另一侧供安装塔的空间用。

(4)塔与塔的净距一般为 2m 左右。塔群与管廊或塔群与框架的净距离一般为 1.5m 左右,如果希望布置紧凑,则以塔的基础与管廊或框架的地下基础不碰为原则。

(5)塔上设置公用平台,互相连接既便于操作又起到结构上互相加强的作用。平台应与框架相通,平台宽度原则上不小于 1.2m,最下层平台高度应高出地面 2.1m 以上,以便通行。最上层平台最好围绕整个塔设置,这样较安全。上下层

平台距离最大为 8m,超过 8m 应设中间平台;二层平台间设直爬梯,直爬梯距离地面 2.5m 以上的梯子应设保护围栏。

(6)塔身上每个入孔处需设置操作平台,以便检修塔板用。塔的四周要有巡回通道。

(7)塔的四周应分几个区进行布置。配管区也称操作区,专门布置各种管道、阀门、仪表。通道区布置走廊、楼梯、人孔等,也可布置安全阀或吊装设备。

(8)塔的安装高度必须考虑塔釜、泵的净正吸入压头,热虹吸式再沸器的吸入压头,自然流出的压头及管道阀门、控制仪表等压头损失。

(9)塔底与再沸器连接的气相管中心与再沸器管板的距离不应太大,以免造成热虹吸不好而影响再沸器效率。再沸器应尽量靠近塔,使管道最短,减少管道阻力降。

(10)塔的人孔应尽可能朝同一方向,人孔的中心高度一般距平台面不高于 1.5m。

(11)塔顶冷凝器回流罐,中小型生产都置于塔顶靠重力回流,这样蒸气上升管管线较短。对于大型塔如安装在塔顶,会增加结构设计的困难,宜布置于低处,用泵回流。有强烈腐蚀性的物料及特别贵重的物料,为了解决泵的腐蚀问题和泄漏,不得已采用将冷凝器架高的办法而省去回流泵,这是特例。

(12)大塔塔顶需设置吊柱,以吊起或悬挂人孔盖。

(13)确定塔的管口方位时,需首先确定人孔的方位及位置,然后根据塔盘位置,明确奇数板与偶数板的降液管位置,再从上到下依次确定各管口的位置和方位。回流管口应设在距离降液板最远的位置。

(14)塔采用塔压或重力出料,应由塔内压力的被连接设备的压力决定。同时应结合受器的高度、液体的重量和管道阻力进行必要的水力计算。用泵出料时,塔底标高由泵的净正吸入压头和吸入管道压力降来决定,应考虑泵的吸入压头和釜液在输送条件下的蒸气压以免发生气蚀。从塔底抽出接近沸点的液体管道上设置孔板等流量计时,为了防止流量计前液体的闪蒸,塔必须安装得高一些,以保持管道中有一定的静压头。

(15)立式热虹吸再沸器除直径过大或重量过重须设立支架安装外,一般从塔上直接接出托架支承。釜式再沸器一般设支架安装。

(16)一个塔有两台再沸器时,应对称安装,使其处于同一中心线上,并留出切换操作的余地。一个塔需要二台或三台以上再沸器时,其位置应考虑便于操作和配管,可将再沸器入口管和蒸气出口管的支管汇总后再与塔连接。

八、换热器

(1)多台换热器,通常是按流程成组安装;多组换热器应排列成行,并使管箱管口处于同一垂直面上,既便于配管和节约清管检修用地,又保持整齐美观。

(2)换热器可重叠布置相互支承,但最多不宜超过三层。

(3)换热器与换热器,换热器与其他设备之间至少要留出 1m 水平距离,位置受限制时,最少也不得小于 0.6m。

(4)固定管板换热器周围要留有清除管内污垢的空地,浮头换热器要考虑抽出管束的位置。

(5)换热器布置高度要满足工艺配管的要求,并适当留有余地。

九、流体输送设备

1. 泵

(1)小型车间生产用泵多数安装在抽吸设备附近。大中型车间用泵,数量较多,有可能集中布置的,应该尽量集中布置。

(2)集中布置的泵应排列成一直线,泵的头部集中于一侧,也可背靠背地排成两排,驱动设备面向通道。

(3)泵与泵的间距视泵的大小而定,一般不宜小于 0.7m,双排泵之间的间距不宜小于 2m,泵与墙间的间距至少为 1.2m,以利通行。泵类安装检修所需要的间距,参考有关资料。

(4)成排布置的泵,其配管与阀门应排成一条直线,避免管道跨越泵及电动机。

(5)泵应布置在高出地面 150mm 的基础上。多台泵置于同一基础上时,基础必须有坡度以便泄漏物流出。基础四周要考虑排液沟及冲洗用的排水沟。

(6)不经常操作的泵可露天布置,但电机厂要设防雨罩,所有配电及仪表设施均应采用户外式的,天冷地区要考虑防冻措施。

(7)重量较大的泵和电机应设检修用的起吊设备,建筑物高度要留出必要的空间。

(8)泵的吸入口管线应尽可能短,以保证净正吸入压头的需要。

2. 风机

(1)大型装置的鼓风机可以露天或半露天布置,在框架旁、管廊下或其他构筑物下面。风机布置在封闭式厂房内时,应配置必要的消音设备。如不能有效地控制噪音,通常将其安装在隔断的鼓风机房内,以减少对周围环境的影响。

(2)风机的安装位置要考虑操作和维修方便,并使进出口接管简捷,要避免风管弯曲和交叉,在转弯处应留有较大的回转半径。

(3)风机的基础要考虑隔震,并与建筑物的基础完全脱开,还要防止风管将震动传递到建筑物上。

(4)鼓风机组的监控仪表宜设在单独的或集中的控制室内,控制室要有隔音设施和必要的通风设备。

(5)为了便于安装检修,鼓风机房需设置适当的吊装设备。

3. 压缩机

(1)压缩机常是装置中功率消耗最大的关键设备,所以在平面布置时应尽可能使压缩机靠近与它相连的主要工艺设备。压缩机的进出口管线应尽可能的短和直,如图 6-15 所示。

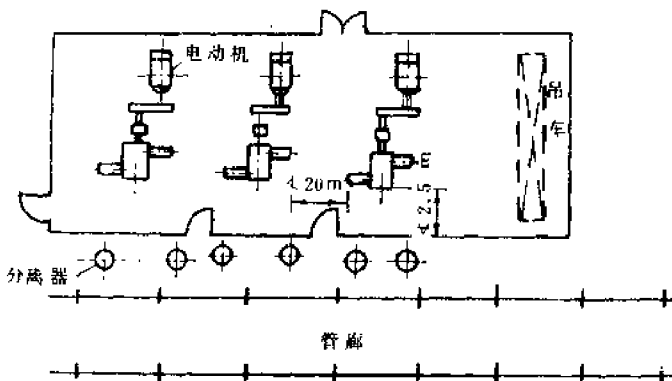


图 6-15 压缩机平面布置图

(2)为了有利于压缩机的维护和检修,方便操作人员的巡回检测,压缩机通常布置在专用的压缩机厂房中。厂房内设有吊车装置。

(3)压缩机的基础应考虑隔震,并与厂房的基础脱开。

(4)中小型压缩机厂房一般采用单层厂房,压缩机基础直接放在地面上,稳定性较好。大型压缩机多采用双层厂房,分上、下二层布置,压缩机基础为框架高基础,主机操作面、指示仪

表、阀门组布置在上层,辅机设备和管线布置在下层。

(5)多台压缩机一般是横向并列布置(见图 6-15)。机头都在同侧,便于接管和操作。布置的间距要满足主机和电动机的拆卸、检修和其他要求,如主机卸除机壳取出叶轮或活塞抽芯等工作。压缩机和电动机的上部不允许布置管道。主要通道的宽度应根据最大部件的尺寸决定,宽度不小于 2.5m 的压缩机,其通道宽度不小于 2.0m。

(6)压缩机组散热量大,应有良好的自然通风条件,压缩机厂房的正面最好迎向夏季的主导风向。为使空气压缩机吸入较清洁的空气,空气压缩机厂房必须布置在散发有害气体的设备或散发灰尘场所的主导风向位置,并与其保持一定的距离。处理易燃易爆气体压缩机的厂房,

应有防爆的安全措施,如事故通风、事故照明、安全出入口等等。

(7)大型压缩机厂房由于供电负荷大,通常都附设专用的变配电室,布置时必须统一考虑。

十、过滤机

1. 间歇式过滤机

间歇式过滤机通常在压力下或真空下操作,有板框压滤机、叶滤机、床层式过滤器及真空吸滤器等几种型式。

(1)间歇式过滤机通常布置在室内,多台过滤机采用并列布置,以便过滤、清洗、出料等操作能交替进行。

(2)设备布置所占用的面积,因出料方式而异。必须将过滤机拆开后才能取出滤饼的,以考虑操作方便;决定占地面积用压缩空气或其他方法可把滤饼取出的,则以考虑维修方便决定占用面积,一般在过滤机周围至少要留出一台过滤机宽度的地方。用小車运送滤布、滤饼或滤板时,至少在其一侧留出 1.8m 空间位置。

(3)过滤机安装高度。一般是将过滤机安装在楼而上或操作平台上,而将滤饼卸在下一层楼面上或容器里,也有直接卸在小推车中,装满后即运走。下料用的溜槽尺寸要大些,并且尽可能近于垂直以便下料通畅。

(4)滤液如果是有毒的或易燃的,要设专门的通风装置(如排气罩、抽风机等),通风装置不应妨碍卸出滤饼的操作。

(5)大型压滤机(有较重的内件)要设置吊车梁。

(6)在布置过滤机的同时应考虑其他辅助设施,如真空泵、空气压缩机、水泵等的布置。

(7)地面设计应考虑冲洗排净,使用腐蚀介质的地方,地面应考虑防腐蚀措施。

(8)要设置滤布的清洗槽,并考虑清洗液的排放和处理。

2. 连续式过滤机

回转真空过滤机、带式过滤机、链板式过滤机都属于连续式过滤机。

(1)连续式过滤机可露天、半露天布置。如天气对浆液或滤饼有不利影响,也可布置在室内。

(2)由于固体物料输送比液体输送困难,一般将过滤机布置在靠近固体物料的最终卸出处。

(3)过滤机以布置在进料槽的上部为宜,这样便于过滤机的排净,溢流物可以靠重力回流至进料槽。溢流管的管径要大,管道要考虑能够进行清洗。

(4)过滤机尽量安装在高处,如在二楼或操作平台上,便于固体物料的卸出。卸料溜槽也应宽而直,避免堵塞。

(5)过滤机四周要留出操作、清洗、检修的位置,其通道宽度不得小于 1m。

(6)过滤机的真空管路要采用大管径短管线,以减少阻力。

(7)为了便于安装检修,厂房中要设置起吊设备。

3. 离心机

(1)离心机为转动设备。由于转鼓载荷不均匀会引起很大震动,所以一般布置在厂房的底层,安装在坚固的基础上,且基础与建筑物完全脱开。小型离心机布置在楼板上时,需布置在梁上或在建筑设计上采取必要的措施。大型离心机需考虑减震措施。

(2)离心机周围要有足够的操作和检修场地,通道宽度不得小于 1.5m。

(3)离心机的安装高度根据出料方式确定。底部卸料的离心机,要按照固体物料的输送方式确定所需要的空间。

(4)要设置供检修用的起吊梁。多台离心机可排列成一行,以减少梁的数量及离心机周围的配管,且不妨碍取出电动机和转鼓。

(5)离心机不应布置在有腐蚀的区域或管道下面。离心机的泄漏物应收集在有围堤的区域内,且有一定的坡度,使漏出物流向地沟,排入废液处理装置。

(6)离心机操作时,排出大量空气,当其含有有害气体或易燃易爆的蒸气时,在离心机上方要加装排气罩,必要时对排出的有害气体应作处理。

十一、干燥器

1. 喷雾干燥器、流化床干燥器

这类设备通常是用鼓风机将加热空气送入器内,与湿物料接触后,水分被蒸发并随热空气带走,因此鼓风机和加料器的布置是非常重要的。

(1)鼓风机与加热器通常布置在单独的房间内,以免鼓风机噪音及加热器高温影响车间环境。

(2)喷雾干燥器与其附属设备(包括进料设备、成品出料包装设备、旋风分离器、布袋除尘器、加热器,风机等)成组布置,所有进出口风管,由于管径大,布置时要统一考虑。

(3)喷雾干燥器一般可半露天布置,若布置在室内,需考虑防尘和防高温的措施。

(4)物料进出便利,减少固体物料堵塞。

2. 回转干燥器

回转干燥器包括内回转式、转鼓式和回转窑炉等,它们的附属设备有加热器、进出料装置、旋风分离器。

(1)回转干燥器应单独布置,以减少对其它生产装置的影响。

(2)要合理安排进出固体物料输送设备,以便防尘、防热和操作维护检修。

(3)回转干燥器通常布置在建筑物底层,设备基础应与建筑物基础分开。

3. 箱式干燥器

(1)设备前要留有足够的空地,用以堆放湿料、干料、倒盘、洗盘及作推送物料的通道。

(2)要考虑通风、排风及降温措施。

十二、气体净化设备

(1)要考虑回收的固体物料能够靠重力自流,避免再次搬运。

(2)湿式除尘设备应考虑排出含尘废水的处理。

十三、运输设备

1. 皮带输送机

(1)皮带拉紧装置通常装在皮带输送机的尾部,常采用拉紧螺丝或重锤式拉紧装置。

(2)物料输送距离较长时,可采用两根或两根以上的皮带连接输送。

(3)每台皮带输送机应至少有 0.6m 宽的通道。两台皮带输送机平行排列时,中间至少要

有 0.75m 的通道。

2. 气体输送设备

气体输送的配套设备有鼓风机、进出料装置、气流输送管、旋风分离器、袋式过滤器等,布置时要全盘考虑。气流输送管要根据物料特性选取适宜的流化速度。速度太高,浪费能源,增加设备磨损;速度太低,物料输送不畅。气流输送管最好为垂直上升,垂直下降,倾斜布置时应考虑物料的下沉问题,下沉管不应小于 45° 。

十四、罐区

1. 液体罐区

(1)液体罐区尽量布置在工艺装置区一侧,既有利于安全又为将来工艺装置或罐区发展提供方便。

(2)罐区四方都要有可以联通的通道。罐区通道的宽度要考虑消防车能方便进出。

(3)贮罐应成排、成组排列。

(4)易燃易爆液体贮罐四周要设围堤或围堰。围堤容积大小要根据发生事故时,易燃液体的溢出体积大小考虑。一般单个贮罐围堤容积应与贮罐容积相等,多台贮罐在采取有效的措施后,容积可酌减,但不得少于贮罐总容积的一半。易燃易爆贮罐需有冷却措施,也可采用地下或半地下式安装,以避免太阳直晒,有利于安全。易燃易爆罐区宜布置在居民区下风向,减少对居民区的影响。

(5)危险品贮罐布置的间距(根据炼油化工企业设计防火规定)见表 6-1~6-3。

表 6-1 易燃可燃液体贮罐间的防火间距 (m)

物 料 名 称	立式固定顶贮罐			卧式贮罐
	地 上	半 地 下	地 下	地下或半地下
易燃液体	0.75D	0.5D	0.25D	1D
可燃液体	0.5D	0.4D	—	0.75D

注: D 为相邻贮罐中较大罐的直径。

表 6-2 液化石油气罐区间的防火间距 (m)

物 料 名 称	地上球罐	地下卧式贮罐	半地下或地下贮罐
碳三、碳四	0.5D	1D	0.5D
液化乙烯	1D	1D	0.5D

注: D 为相邻贮罐中较大罐的直径。

表 6-3 各类罐区每组贮罐的总容积

罐 区	总容积(不大于), m^3
易燃可燃液体罐区	20,000
液化石油气罐区	4,000

注: 罐区的贮罐组数不宜超过两排。

(6)性质不同或灭火方法不同的介质和产品要编组分别贮存,不得布置在一个围堤内。

(7)所有进出物料用的输送泵不应布置在围堤内。

(8)装卸栈台可布置在罐区一侧,但必须远离工艺装置,且需具有有效的安全消防措施。

罐区内要有安全出入口及事故出口,发生火灾时便于人员撤离及事故处理。

2. 气体罐区

气体贮罐有常压及加压两种。常压贮罐有各种干式、湿式气柜,气柜压力略高出大气压几十毫米水柱。加压贮罐有压力贮罐、钢瓶等。无论哪种贮罐都必须遵守有关规范及要求,合理布置并使用,特别是易燃易爆气体更应严格执行。某些专门罐区如液化石油气站、氮氧站、液氮站等应执行其专用的各项标准和规范。

十五、控制室

如图 6-16 所示,控制室布置应当考虑的问题:

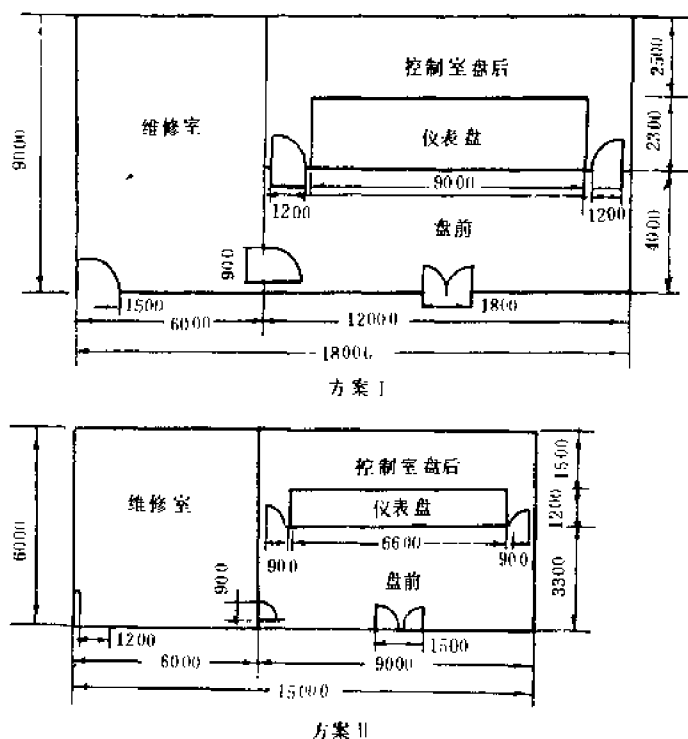


图 6-16 控制室布置示意图

注 ①当控制室与工艺设备布置在同一建筑物内时,控制室宜设置在操作比较频繁,控制点比较集中的楼层平面上。

②控制室应设置在上风向。

③控制室的地面振幅要小于 0.1mm,频率小于 25Hz(指连续周期性振动)。

④控制室地面标高要高于室外 0.6~0.8m(当控制室在底层时)。

⑤控制室一般应设吊顶,顶棚离地面 3.5m 左右,顶棚上面净空 1m 左右。

⑥控制室内最好采用空调,夏季温度 25~30℃,冬季 15~20℃,湿度 50~85%。

⑦对控制室仪表的电磁波干扰源要小于 5 奥斯特。

⑧控制室内噪声要小于 65 分贝。

(1)控制室的布置应该有很好的视野,应设置在能从各个角度都能看到装置的地方。

(2)控制室应布置在装置的上风向,且距离生产装置各个部分都不太远的适宜位置。大型石油化工装置的控制室与装置内生产设备、管廊、各种台架之间的距离为 15m。

(3)仪表盘和控制箱通常都是成排布置,盘后要有安装及维修用的通道,通道宽度不小于

1m。仪表盘前应有 2~3m 的空间。

(4)所有进出口管道及电缆应采取暗铺设方法,使室内布置整齐美观。

(5)仪表盘上仪表一般可分成三个区段布置。上区段距地面 1650mm 以上,这一部分可放置比较醒目的供扫视的仪表(如指示仪表、信号灯、闪光报警器等);中区段距地面 1000~1650mm,可放置要经常监视的仪表(如控制仪表、记录仪表等);下区段距地面 800~1000mm,可放置操纵器类(如操纵板、切换器、开关、按钮等)。控制室内仪表盘应避免阳光直射,以免反射光影响操作。

(6)大型控制室因为装有大量仪表,为减少灰尘,应采用机械通风排风装置,保持空气的清洁。墙面及地面也要便于清洗,防止灰尘聚集。室内采光通常采用天然采光与人工照明相结合。室内有时还设有辅助室及生活室。

十六、管廊

大型装置的管道往返较多,为了便于安装及装置的整洁美观,通常设置集中管廊。

(1)管廊布置首先要考虑工艺流程,来去管道要短,尽量减少交叉、重复。

(2)管廊宽度根据管道数量、管径大小、弱电仪表配管配线的数量确定。管道断面要精心布置,尽可能避免交叉换位,管廊上要预留一定余量,一般可留 20%的余量。

(3)管廊上的管道可布置为一层、二层或多层。多层管廊要考虑管道安装和维修人员的通道。

(4)多层管廊应按管道类别安排。一般将输送有腐蚀性介质的管道布置在下层,小口径气液管布置在中层,大口径气液管布置在上层。

(5)管廊上必须考虑热膨胀,凝液排出和放空等设施。如果有操作阀门,还要设置操作平台。

(6)管廊一般均架空铺设,其高度(离地面净高度)一般要求为:横穿铁路时,6.7m;横穿厂内主干道时,6.0m;横穿厂内次要道路时,4.5m;装置内管廊时,3.5m;厂房内主管廊时,2.5m。

(7)管廊柱距视具体情况而定,一般在 4~15m 之间。

复习思考题

1. 设备布置的原则是什么?
2. 简述设备布置的步骤。
3. 两个设计阶段的设备布置图有何不同?

习 题

用 2 号图纸及比例为 4:1 绘制脱硫系统设备布置图(包括平面图及一个剖面图)。

第七章 管路布置设计及配管图

在化工厂中,设备间的连接,物料、蒸气、水、气体的输送,都要用到各种管径,材质不同的管道。在化工厂中管道纵横、交叉、重叠排列,管道的总长有几公里,甚至几百公里以上。据统计,管道安装的费用约占全厂化工设备总投资的 15%~20%。因此,化工管路设计与安装是化工设计的重要组成部分,工艺专业设计人员必须给予高度重视。谈到管路设计,首先应对各种管道的规格、材质及其有关参数等有所了解。

第一节 管道、管件及管架

一、管道

化工厂用的管道种类很多,分为以下几种:

(1)铸铁管:常用于埋地的给水总管、煤气管及污水管等,也可用来输送碱液及浓硫酸。但不能用来输送蒸气及在压力下输送爆炸性与有毒的气体。

(2)硅铁管:适用于输送压力为 $2.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下的腐蚀性介质。

(3)水煤气管,用软钢焊成镀 Zn 的称为白铁管,不镀 Zn 的称为黑铁管。水煤气管用来输送水、煤气、暖气、压缩空气、真空、低压蒸气和冷凝液及无腐蚀性的物料。

(4)无缝钢管:化工厂广泛应用,其特点是质地均匀、强度高。可用来输送有压力的物料、蒸气、高压水、燃烧性、爆炸性和毒害性的物料。

(5)有色金属管:

①铜管与黄铜管用来制造换热设备,低温管道、仪表的测压管道或传送有压力的流体(如油压系统,润滑系统)。

②铝管用来输送浓硝酸、醋酸、蚁酸等物料或用作换热管,但铝管不能抗碱。

③铝管用来输送硫酸或酸性物料,但由于强度低、重度大、抗热性差等缺点,已逐步为耐酸合金管、尤其是为塑料管所代替。

(6)非金属管道:

①陶瓷管可用来输送压力为 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 及温度在 150°C 以下的腐蚀性介质(氢氟酸除外)。它的缺点是性脆、机械强度低和不能耐温度剧变等。

②玻璃管,其特点是耐腐蚀、清洁、透明、易于清洗、流体阻力小、价格低。缺点是耐压低,性脆易碎。玻璃可用于温度为 $-30^\circ\text{C}\sim 150^\circ\text{C}$ 的场合,温度骤变不得超过 80°C 。

③聚氯乙烯管,可用来输送 60°C 以下的介质,也可用于输送 0°C 以下的液体。常温下轻型管材的工作压力不超过 $2.5\text{kg}/\text{cm}^2$,重型管材(管壁较厚)工作压力不超过 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 。它的优点是重度小,耐蚀性好,易于加工;缺点是耐热性差。

④其他塑料管:有软聚氯乙烯塑料、酚醛塑料、石棉—酚醛塑料(法奥利特)、聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)、增强塑料(玻璃钢)与聚乙烯等制成的管材。

⑤橡胶管:耐酸碱、抗蚀性好,且有弹性,可任意弯曲。一般用作临时管道及某些管道的挠性件,不作为永久管道。

二、管道计算

1. 最经济管径的选择

管道投资费用与克服管道阻力所消耗的动力费用有关。管径越大,管道的投资越大,但动力消耗可以降低;管径小,管道的投资降低,但动力消耗增加。因此,选择管径时,应将管道投资费用与动力消耗(即生产费用)同时考虑,并使二者费用之和最低,即为最经济的管径。对于长距离管道或大直径管道(如输油管、煤气管等)应根据最经济管径选择;对于较短及较小直径的管道,往往根据经验决定。

另外,也可以用计算式,近似地估算经济管径。对于碳钢管,其计算式为:

$$D_{\text{最佳}} = 282G^{0.52}\rho^{-0.37} \quad (7-1)$$

对于不锈钢管,其计算式为:

$$D_{\text{最佳}} = 226G^{0.50}\rho^{-0.35} \quad (7-2)$$

式中 $D_{\text{最佳}}$ ——最经济管径,mm;

G ——流量,kg/s;

ρ ——密度,kg/m³。

例 7-1 试求水在 20℃、流量为 10kg/s 时的碳钢管的最佳管径。水的密度为 1000kg/m³。

解: 根据式(7-1)

$$\begin{aligned} D_{\text{最佳}} &= 282 \times (10)^{0.52} 1000^{-0.37} \\ &= 72.5\text{mm (圆整为 80mm)} \end{aligned}$$

例 7-2 试求 HCl 气在 5 大气压、15℃、流量为 7,000kg/h 时的不锈钢管的最佳管径。

1 大气压、0℃时 HCl 气体的摩尔体积为 22.4m³/kmol。

解: HCl 的分子量=36.5

$$\text{操作状态下的密度 } \rho = \frac{36.5}{22.4} \times \frac{5}{1} \times \frac{273}{288} = 7.72\text{kg/m}^3$$

根据式(7-2)

$$\begin{aligned} D_{\text{最佳}} &= 226 \left(\frac{7000}{3600} \right)^{0.50} 7.72^{-0.35} \\ &= 154\text{mm (圆整为 150mm)} \end{aligned}$$

2. 管径的计算

管径可用下式计算:

$$d = \sqrt{\frac{V_s}{\frac{\pi}{4}w}} \quad (7-3)$$

式中 d ——管道直径,m;

V_s ——通过管道的流体流量,m³/s;

w ——通过管道的流体的常用速度,m/s。

管内流体的常用流速范围见附录 7-1。管径、流量、流速关系算图如图 7-1 所示。

当直径>500mm,流量>60,000m³/h 时,可用其它算图计算,详见有关手册及资料。

3. 管壁厚度的选择

(1) 公称压力: 是指工作时的温度范围在 $0 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 之间, 此时的工作压力即为公称压力。如高于这一温度范围, 工作压力应低于公称压力。

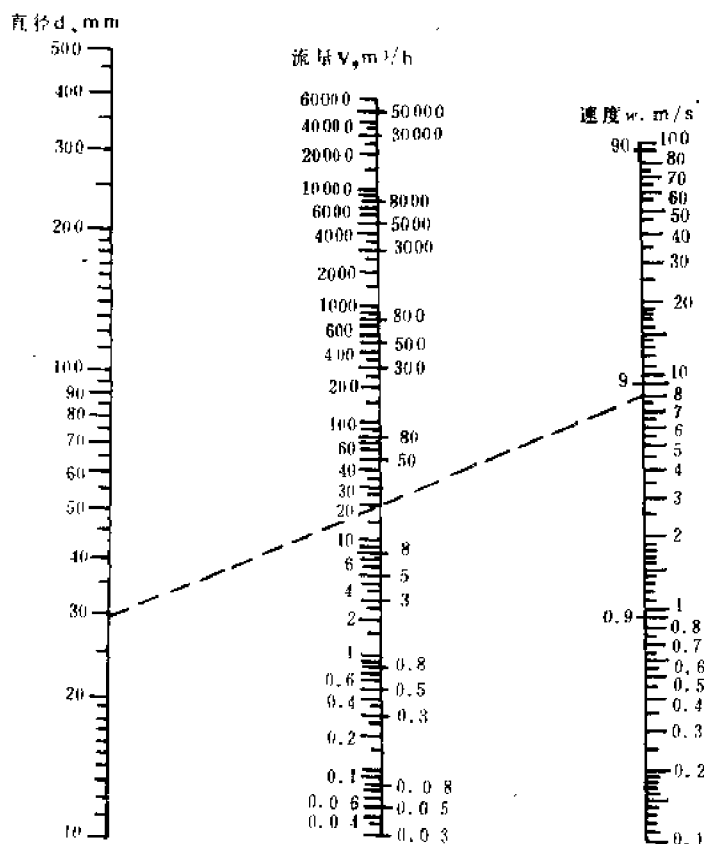


图 7-1 管径、流量、流速关系算图

(2) 公称直径: 管道直径有外径及内径之分。公称直径既不是外径, 又不是内径, 而是与之相近的整数。

(3) 常用公称压力下管道壁厚选用表如表 7-1、表 7-2、及表 7-3 所示。

表 7-1 无缝碳钢管壁厚

(mm)

材 料	$P, \text{kgf/cm}^2$	D, mm																	
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450
20	≤ 16	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4	4	4.5	5	6	7	7	8	8
	25	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4	4	4.5	5	6	7	7	8	8
	40	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4.5	5	5.5	7	8	9	10	11	12
	64	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	11	12	14	16	17	19
	100	3	3.5	3.5	4	4.5	4.5	5	6	7	8	9	10	13	15	18	20	22	24
12CrMo	160	4	4.5	4.5	5	5	6	6	7	8	9	11	13	15	19	24	26	30	34
	200	4	5.5	5	6	6	7	8	9	11	13	15	18	22	28	32	36		
	40T	3.5	4	4	4.5	5	5	5.5											
10	≤ 16	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4	4	4.5	5.5	7	7	8	8	8
	25	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4	4	4.5	5.5	7	7	8	9	9
	40	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4	4.5	5.5	6	8	9	10	11	12
	64	3	3	3	3.5	4	4	4.5	5	6	7	8	9	11	13	14	16	18	20
	100	3	3.5	4	4	4.5	5	5.5	7	8	9	10	12	15	18	22	24	26	28
12CrMoV	160	4	4.5	5	5	6	7	8	9	10	12	15	18	22	28	32	36	40	
	200	4	4.5	5	6	7	8	9	11	12	15	18	22	26	34	38			
	40T	3.5	4	4	4.5	5	5	5.5											

续表 7-1

材 料	P_s kgf/ cm ²	D_s																	
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450
16Mn	≤16	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6	6
	25	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	7
	40	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	10
	64	2.5	3	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	11	12	13	14
15MnV	100	3	3	3.5	3.5	4	4	4.5	5	6	7	8	9	11	13	15	17	19	
	160	3.5	3.5	4	4.5	5	5	6	7	8	9	11	12	16	19	22	25	28	
	200	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	9	11	13	15	19	24	26	30		

表 7-2 无缝钢管壁厚

(mm)

材 料	P_s kgf/ cm ²	D_s																	
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450
1Cr18Ni9Ti 含 Mo 不 锈钢	≤10	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4	4.5	
	16	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	5	
	25	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	6	6	7	
	40	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	10	
	64	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3.5	4	4.5	5	6	7	8	10	11	13	14	
	40T	3	3.5	3.5	4	4	4	4.5											

表 7-3 焊接钢管壁厚

(mm)

材 料	P_s kgf/cm ²	D_s														
		200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400
焊接碳钢管 (A3, 20)	2.5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7
	6	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	9
	10	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	11	12
	16	6	6	7	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	25	7	8	9	9	10	11	12	13	15	16					
焊接不锈钢管	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4	4	4.5	4.5			
	6	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4	4.5	5	5	6	6			
	10	3.5	3.5	4	4.5	4.5	5	5.5	6	7	7	8				
	16	4	4.5	5	6	6	7	7	8	9	10					
	25	5	6	7	8	9	9	10	12	13	15					

4. 金属管常用规格、材料及适用温度见表 7-4

表 7-4 金属管常用规格、材料及适用温度

序号	管子名称	标 准 号	常用规格 mm	材 料	适用温度 ℃
(1)	中、低压 用无缝钢 管	YB231-70	8×1.5, 10×1.5, 14×2, 14×3, 18×3, 22 ×3, 25×3, 32×3, 32×3.5, 38×3, 38 ×3.5, 45×3, 45×3.5, 57×3.5, 76×4, 76 ×5, 89×4, 89×5, 108×4, 108×6, 133× 4, 133×6, 159×4, 159×6, 219×6, 273 ×8, 325×8, 377×9	20, 10 16Mn 09Mn2V	-20~175 -40~175 -70~200
			18×2, 19×2, 25×2, 25×3, 38×3, 38×6, 102×8, 114×8, 127×8, 152×8, 219×10, 273×16	12CrMo 15CrMo Cr2Mo Cr5Mo	≤540 ≤560 ≤580 ≤600
(3)	中、低压 锅炉用无 缝钢管	GB3087-82	22×3, 25×3, 32×3, 35×3, 38×3, 51×3, 57 ×3, 60×3, 76×4, 108×4, 108×6	20, 10	≤450

续表 7-4

序号	管子名称	标准号	常用规格 mm	材 料	适用温度 C
(4)	高压无缝 钢管	YB800-70	15×4, 21×5, 25×5.5, 35×6.5, 42×7.57 ×9, 70×10, 89×13, 108×14, 133×17, 159×20, 194×24, 219×27, 273×34, (14×4, 24×6.35×6.35×9, 43×7.43× 10, 49×10, 57×9, 68×10, 68×13, 83× 11, 83×15, 102×14, 102×17, 127×17, 127×21, 159×20, 159×28, 180×22, 180 ×30, 219×35)	20 15MnV 0Cr18Ni12Mo 2Ti 10MoWVNB	-40~200 -40~200 -196~700 -40~400
(5)	不锈钢无 缝钢管	GB2270-80	6×1, 10×1.5, 14×2, 18×2, 22×1.5, 22 ×3, 25×2, 29×2.5, 32×2, 38×2.5, 45× 25, 50×2.5, 57×3, 65×3, 76×4, 89×4, 108×4.5, 133×5, 159×5	0Cr13, 1Cr13 1Cr18Ni9Ti 0Cr18Ni12Mo 2Ti 0Cr18Ni12Mo 3Ti	0~400 -196~700 -196~700 -196~700
(6)	低压流体 输送用焊 接钢管	GB3091-82 (镀锌) GB3092-82	1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6"	B2, B2F, B3, B3F	0~140
(7)	螺旋电焊 钢管	SYB10004-63	219×7, 273×7, 325×7, 377×7, 426×7, 529×7, 630×7	A3 16Mn	-15~300 -40~450
(8)	钢板卷管	自制加工	530×8, 530×10, 630×8, 630×10, 720× 8, 720×10, 820×8, 820×10, 820×12, 920 ×8, 920×10, 920×12, 1220×10, 1220× 12	A3 20, 10, 16Mn 20g	-15~300 -40~450 -40~480
(9)	铜管	GB1527-79 GB1528-79	5×1.7×1.10×1.15×1.18×1.5, 24× 1.5, 28×1.5, 35×1.5, 45×1.5, 55×1.5, 75×2, 85×2, 104×2, 129×2, 156×3	T2, T3, T4, TUP (紫铜)	≤250 (受压时, ≤200)
(10)	黄铜管	GB1529-79 GB1530-79	5×1.7×1.10×1.15×1.15×1.5, 18× 1.5, 24×2, 28×1.5, 28×2, 35×1.5, 45× 1.5, 45×2, 55×2, 75×2.5, 80×2.96×3, 100×3	H62, H68 (黄铜)	≤250 (受压时, ≤200)
(11)	铝和铝合 金管	YB610-66	18×1.25×1.5, 32×1.5, 32×2, 38×1.5, 38×2, 45×2, 45×2.5, 55×2, 55×2.5, 75 ×2.5, 90×2.5, 90×3, 110×3, 110×5, 115×5, 120×5	L2, L3, L4 LF2, LF3, LF21	≤200 (受压时, ≤150)
(12)	铅和铅合 金管	GB1472-79	20×2, 22×2, 31×3, 50×5, 62×6, 94×7, 118×9	Pb4, PbSb4, PbSb6	≤200 (受压时, ≤140)
(13)	纯钛管	GB3625-83		TA1, TA2	≤350

关于非金属管规格及材料,见化工工艺设计手册。

5. 流体在管道中流动时压强降的计算

流体在直管内流动时的压强降(即沿程阻力损失)以及流体的局部阻力的计算可参阅“化学工程”第一章第四节。

三、阀门

根据主要的功能,化工用的阀门可分为两大类:一类是切断阀,用于隔断流体;另一类是调节阀,有手动和气动两种,均用于调节流量。

阀门是根据工作压力,介质温度和操作要求(如切断或调节)制造的。制造阀门的材料有铸铁、铸钢、锻钢、不锈钢、铜合金、硬铅、非金属材料及耐腐蚀衬里等。

1. 常用的阀门

(1) 旋塞:

优点:①结构简单,零部件少;②开关迅速,重量轻,操作方便;③流体阻力小。

缺点:①不适于调节流量;②磨光旋塞费人工;③在高温时由于膨胀而不易转动。

适用于在 120℃ 以下输送压缩空气、废蒸气—空气混合物及在 120℃、10kg/cm²(或 3~5kg/cm²)下输送液体,包括含有结晶及悬浮物的液体;不得用于蒸气或高温流体。

(2) 球阀。

优点:①价格比旋塞贵,比闸阀便宜;②体积小,零部件少,重量轻、操作极为可靠,易密封;③易调节流量,可以由阀杆牙线露出的多少,断定阀杆上升高度,而上升高度与通道截面积成正比。

缺点:①流体阻力较大,阻力系数 ζ 比闸阀大 5~10 倍(但在斜杆式的阀中,其 ζ 值已接近闸阀的 ζ 值);②不得用于输送含结晶和悬浮物的管道中,因固体悬浮物会积聚在阀盘与阀座间,防止阀盘和阀座的闭合,且磨损二者的接触面,造成漏泄。

适用于自来水,蒸气、压缩空气、真空及各种物料的管道中,公称压力大于 16kg/cm²,公称直径大于 76mm。球阀已取代了旋塞。它的最高工作温度为 300℃,公称压力为 325 表压。

(3) 闸阀:闸阀可按阀杆上螺纹位置分为明杆式和暗杆式两类。从闸板的结构特点又可分为楔式、平行式两类。

优点:①阻力小;②易调节流量,但一般用于大管道中作启闭阀;

缺点:①价贵;②制造和修理较困难;③不易用非金属耐腐蚀材料制造;④不得用于输送含有晶体和悬浮物的液体管道中。

适用于:①低于 120℃ 的低压气体管道;②压缩空气、自来水和不含沉淀物的管道;③大直径的真空管等。

闸阀的最高工作温度低于 120℃,公称压力低于 100 表压。

(4) 隔膜阀:结构简单,密封性能好,便于维修,流体阻力小,用于输送悬浮液或腐蚀性流体。

不适用于有机溶剂和强氧化剂的介质。

(5) 止逆阀(单向阀):用于介质作单一方向的流动,适用于清静介质,不宜用于含固体颗粒和粘度较大的介质。按结构可分为升降式和旋启式两种。

1) 升降式:阻漏性能好,但阻力大,卧式的宜装在水平管线上,立式的应装在垂直管线上。

②旋启式:阻力小,只要保证摇板旋转轴线的水平,可任意地安装在水平、垂直或倾斜的管道上。

(6)安全阀:根据介质工作压力自动启闭的阀件。

①杠杆式:使用可靠,它是高温时使用的安全阀。杠杆或体积庞大,占地面积大,安装时必须严格保持阀盘轴线的垂直。

②弹簧式:结构精巧,可装于任何位置,但在长期暖热的作用下,弹簧的弹性会逐渐减小。当管道的工作压力与安全阀的控制压力相近时,安全阀易发生震动,使弹簧压紧情况逐渐变化。

在重要的地方,安装两个安全阀更可靠。安全阀必须定时检修。

(7)截止阀:截止阀与闸阀相比,其调节性能好,密封性能差,结构简单,制造维修方便,流体阻力较大,价格便宜。适用于蒸气等介质,不宜用于粘度大、含有颗粒易沉淀的介质、也不宜作放空阀及低真空系统的阀门。

(8)蝶阀:蝶阀与相同公称压力等级的平行式闸板阀比较,其尺寸小、重量轻、开闭迅速、具有一定的调节性能,适合制成较大口径阀门,用于温度小于 80°C 、压力小于 10kgf/cm^2 的原油、油品及水等介质。

2. 阀门型号标志的说明

阀门型号按〈阀门型号编制方法〉TB308-75 的规定,型号标志有七个阿拉伯数字,其形式如下:

1
2
3
4
5
6
7

每个阿拉伯数字的含义为:

- 1 —— 表示阀门类型代号;
- 2 —— 表示传动方法代号;
- 3 —— 表示管道连接方式代号;
- 4 —— 表示结构型式代号;
- 5 —— 表示密封座或衬里材料;
- 6 —— 表示公称压力数值;
- 7 —— 表示阀体材料。

(1)阀门类型代号用汉语拼音字母表示,如表 7-5 所示。

表 7-5 阀门类型代号

阀门类型	代 号	阀门类型	代 号
闸 阀	Z	旋 塞	X
截 止 阀	J	止回阀和底阀	H
节 流 阀	L	安 全 阀	A
球 阀	Q	减 压 阀	Y
蝶 阀	D	疏 水 阀	S
隔 膜 阀	G	管 夹 阀	GJ

(2)传动方式代号用阿拉伯数字表示,见表 7-6。

表 7-6 传动方式代号

传动方式	代 号	传动方式	代 号
电 磁 动	0	伞齿轮	5
电磁-液动	1	气 动	6
电-液动	2	液 动	7
蜗 轮	3	气-液动	8
正 齿 轮	4	电 动	9

(3)连接形式代号用阿拉伯数字表示,见表 7-7。

表 7-7 连接形式代号

连接形式	代 号	连接形式	代 号
内 螺 纹	1	对 夹	7
外 螺 纹	2	卡 箍	8
法 兰	4	卡 套	9
焊 接	6		

(4)结构形式代号用阿拉伯数字表示,见表 7-8。

表 7-8 结构形式代号

阀门名称		结构类型		代 号	阀门名称		结构类型		代 号
闸 阀	明杆 楔式	弹性闸板		0	旋 塞	填 料	直 通 式	3	
		刚 性	单闸板	1			T型三通式	4	
	双闸板		2	四 通 式			5		
	明杆 平行式		单闸板	3	油 封	直 通 式	7		
			双闸板	4		T型三通式	8		
			暗杆 楔式	单闸板	5	疏 水 阀	浮 球 式	1	
				双闸板	6		钟型浮子式	5	
				双金属片式	7				
			脉 冲 式	8					
			热动力式	9					
截 止 阀 和 节 流 阀	直通式	(铸造)	1	止 回 阀 和 底 阀	升 降	浮球式	0		
	角 式		2			多瓣式	1		
	直流式	(铸造)	3			旋 启	立 式	2	
	角 式		4		单瓣式		4		
	直流式	5	多瓣式		5				
	平衡直通式	6	双瓣式		6				
	平衡角式	7							
球 阀	浮 动 式	直通式	1	安 全 阀	弹 簧 封 闭	带散热片全启式	0		
		L形三通式	4			微启式	1		
		T形三通式	5			全启式	2		
	固 定	直通式	7			扳手全启式	4		
蝶 阀	杠杆式		0		弹 簧 不 封 闭	扳手双弹簧微启式	3		
	垂直板式		1			扳手微启式	7		
	斜板式		3			扳手全启式	8		
隔 膜 阀	屋脊式		1				扳手微启式	5	
	截止式		3		带控制机构全启式	6			
	直流式		5			脉 冲 式	9		
			闸板式	7					

(5)阀座密封面或衬里材料代号用汉语拼音字母表示,见表 7-9。

表 7-9 阀座密封面或衬里材料代号

阀座密封面或衬里材料	代 号	阀座密封面或衬里材料	代 号	阀座密封面或衬里材料	代 号
铜合金	T	锡基轴承合金(巴氏合金)	B	衬胶	J
软橡胶	X	合金钢	H	衬铅	Q
尼龙塑料	N	渗氮钢	D	搪瓷	C
氟塑料	F	硬质合金	Y	渗硼钢	P

注:由阀体直接加工的阀座密封面材料代号用“W”表示。

(6)公称压力数值按《管路附件公称压力、试验压力和工作压力》JB74-59 的规定。用阿拉伯数字表示,如 $\text{pg}100\text{kgf/cm}^2$ 。

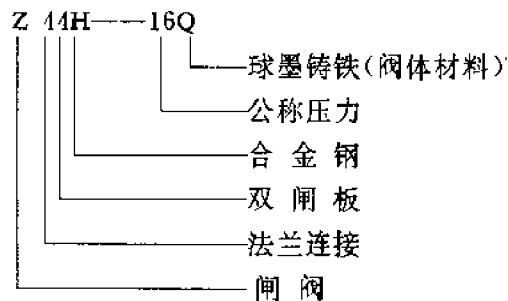
(7)阀体材料代号用汉语拼音字母表示,见表 7-10。

表 7-10 阀体材料代号

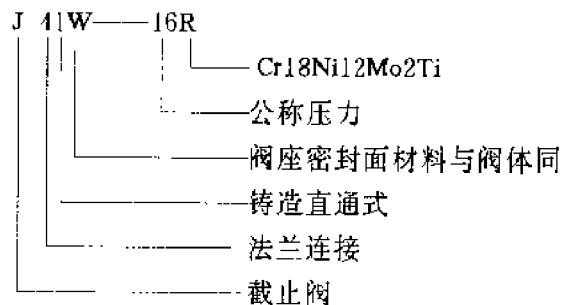
阀 体 材 料	代 号	阀 体 材 料	代 号
HT25-47	Z	Cr5Mo	I
KT30-6	K	1Cr18Ni9Ti	P
QT40-15	Q	Cr18Ni12Mo2Ti	R
H62	T	12Cr1MoV	V
ZG25 I	C		

在通常情况下,阀门型号标志的第二位数字不表示。

例 1



例 2



各种阀门的规格、型号、外形尺寸、重量单价及生产厂,见有关阀门样本。

四、管道连接

(1)焊接:所有压力管道如煤气、蒸气、空气、真空等管道尽量采用焊接。管径大于 32mm,壁厚在 4mm 以上者采用电焊;管径在 32mm 以下,壁厚在 3.5mm 以下者采用气焊。补偿器顶部不能电焊。

(2)承插焊:密封性要求高的管子连接,应尽量用承插焊代替螺纹连接。该结构可靠,耐压高,施工方便。

(3)法兰连接:适用于大管径、密封性要求高的管子连接,如真空管等;也适用于玻璃、塑料、阀件与管道或设备的连接。

(4)螺纹连接:一般适用于管径 $\leq 50\text{mm}$ (室内明敷上水管道可采取 $\leq 150\text{mm}$),工作压力低于 10kgf/cm^2 ,介质温度 $\leq 100^\circ\text{C}$ 的焊接钢管,镀锌焊接钢管或硬聚氯乙烯塑料管与管或带螺纹的阀门、管件相连接。

(5)承插连接:适用于埋地或沿墙敷设的给排水管,如铸铁管,陶瓷管,石棉水泥管与管或管件、阀门的连接。采用石棉水泥、沥青玛蹄脂,水泥砂浆等作为封口,工作压力 $\leq 3\text{kgf/cm}^2$,介质温度 $\leq 60^\circ\text{C}$ 。

(6)承插粘接:适用于各种塑料管(如 ABS)管、玻璃钢管、耐酸酚醛塑料管等)与管子或阀门、管件的连接。采用粘接剂涂敷于插入管的外表面,然后插入承口,经固化后即成一体,施工方便,密封性好。

(7)卡套连接:适用于管径 $\leq 42\text{mm}$ 的金属管与金属管件或与非金属管件、阀门的连接。中间加一垫片、施工方便,拆卸容易,一般用于仪表,控制系统等。

(8)卡箍连接:适用于金属管插入非金属管(橡胶管及各种软塑料管),在插入口外,用金属箍箍紧,防止介质外漏。它适用于临时装置或要求经常拆洗的洁净管。采用凸缘式管口,管与管之间用 O 形密封圈,凸缘外用金属管箍扎紧,拆装灵活。

五、管道材料及阀门形式的选择(见表 7-11)

表 7-11 管道材料及阀门形式的选择

流体名称	管道材料	操作压力 kgf/cm^2	垫圈材料	连接方式	阀门形式		推荐阀门 型 号	保温方式
					支 管	主 管		
上水	焊接钢管	1~3	橡胶,橡胶石棉板	$\leq 2"$, 螺纹连接; $\geq 2\frac{1}{2}"$, 法兰连接	$\leq 2"$, 截止阀; $\geq 2\frac{1}{2}"$, 闸阀	闸阀	J11T-16 Z45T-10	
清下水	焊接钢管	1~3	橡胶,橡胶石棉板	同上	同上	闸阀	Z45T-10	
生产污水	焊接钢管, 铸铁管	常压	同上,或由污水性质决定	承插, 法兰, 焊接	旋塞		根据污水性质定	
热水	焊接钢管	1~3	夹布橡胶	法兰, 焊接, 螺纹	截止阀	闸阀	J11T-16 Z45T-10	膨胀珍珠岩, 硅藻土, 硅石, 岩棉
热回水	焊接钢管	1~3	夹布橡胶	同上	截止阀	闸阀	同上	

续表 7-11

流体名称	管道材料	操作压力 kgf/cm ²	垫圈材料	连接方式	阀门形式		推荐阀门 型 号	保温方式
					支 管	主 管		
自来水	镀锌焊接 钢管	1~3	橡胶, 橡胶石棉 板	螺纹	截止阀	闸阀	同上	
冷凝水	焊接钢管	1~8	橡胶石棉板	法兰, 焊接	截止阀 旋塞		J11T-16 X13W-10T	
蒸馏水	硬聚氯乙烯 管, ABS 管, 玻璃 管, 不锈钢 管(有保温 要求)	1~3	橡胶, 橡胶石棉 板	法兰	球阀		Q41F-16	
蒸气 (1表压)	3"以下, 焊 接钢管; 3"以上, 无 缝钢管	1~2	橡胶石棉板	法兰, 焊接	截止阀	闸阀	J11T-16 Z45T-10	同上
蒸气 (3表压)	3"以下, 焊 接钢管; 3"以上, 无 缝钢管	1~4	橡胶石棉板	法兰, 焊接	截止阀	闸阀	同上	同上
蒸气 (5表压)	3"以下, 焊 接钢管; 3" 以上, 无缝 钢管	1~6	橡胶石棉板	法兰, 焊接	截止阀	闸阀	同上	同上
压缩空气	< 10kgf/ cm ² 焊 接 钢管; > 10kgf/ cm ² 无 缝 钢管	1~15	夹布橡胶	法兰, 焊接	球阀	球阀	Q41F-16	
惰性气体	焊接钢管	1~10	夹布橡胶	法兰, 焊接,	球阀	球阀	同上	
真空	焊 接 钢 管 或 硬 聚 氯 乙 烯 管	真空	橡胶石棉板	法兰, 焊接	球阀	球阀	同上	
排气	同上	常压	橡胶石棉板	法兰, 焊接	球阀	球阀	同上	
盐水	焊接钢管	3~5	橡胶石棉板	法兰, 焊接	球阀	球阀	同上	软木, 矿渣 棉, 泡沫聚 苯乙烯, 聚 氨酯
回盐水	同上	3~5	同上	法兰, 焊接	球阀	球阀	同上	
酸性下水	陶瓷管, 衬 胶管, 硬聚 氯乙烯管	常压	同上	承插, 法兰	球阀		同上	
碱性下水	焊接钢管, 铸铁管	常压	同上	同上	球阀		同上	

续表 7-11

流体名称	管道材料	操作压力 kgf/cm ²	垫圈材料	连接方式	阀门形式		推荐阀门 型 号	保温方式
					支 管	主 管		
生产物料	按生产性质选择管材							
气体(暂时通过)	橡胶管	<10						
液体(暂时通过)	橡胶管	<2.5						

注：①“焊接钢管”系“低压流体输送用焊接钢管”(GB3092-82)的简称。
 ②截止阀将逐步由球阀取代。操作温度在 100℃ 以下的蒸馏水、盐水(回盐水)及碱液尽量选用 Q11F-16 或 Q41F-16。
 ③制剂专业用的真空、压缩空气、排气及惰性气体采用镀锌焊接钢管(GB3091-82)。
 ④垫片材料参照《化工管路手册》(上册)表 4-83 的规定，一般采用 XB200 橡胶石棉板($P_r \leq 16, T \leq 200^\circ\text{C}$)。

六、管件及管件图

管件除了阀门以外，还有各种弯头、活接头、螺纹短节、丝堵、管接口、三通、四通、异径管、视镜、阻火器、漏斗、过滤器、防空帽和防雨帽等。有关规格及尺寸见化工工艺设计手册。

管件图是完整表达管件具体构造及详细尺寸，以供预制加工和安装之用的图样。如图 7-2 是一个衬胶钢三通的管件图。其内容与画法和一般机械零部件图相同，图样除了按正投影原理绘制并标注有关尺寸外，有的图还写出明细表，标题栏等。

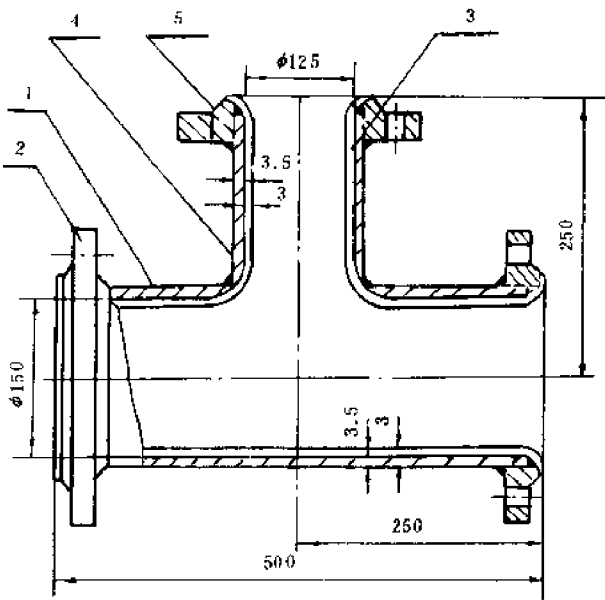


图 7-2 衬胶钢三通管件图
 1. 短管 $D_p 150/l=240$; 2. 平焊法兰 $D_p 150P_r 6$; 3. 衬里(橡胶);
 4. 短管 $D_p 125/l=180$; 5. 平焊法兰 $D_p 125P_r 6$

七、管架图

管架图是表达管架的具有结构、制造及安装尺寸的图样。图 7-3 是一种固定在混凝土柱上

的管架图。从图中可知,管道、保温材料和不属于管架制作范围的建(构)筑物一般用细实线或双点划线表示,而支架本身则用中实线等较粗线条表示。用圆钢弯制的U形管卡,在图样中常简化成单线,螺栓孔及螺母等则以交叉粗短线表示。

化工部(委)已对各种类型的管道支架图作了统一规定。因此多数支架可以从标准图中直接查到。

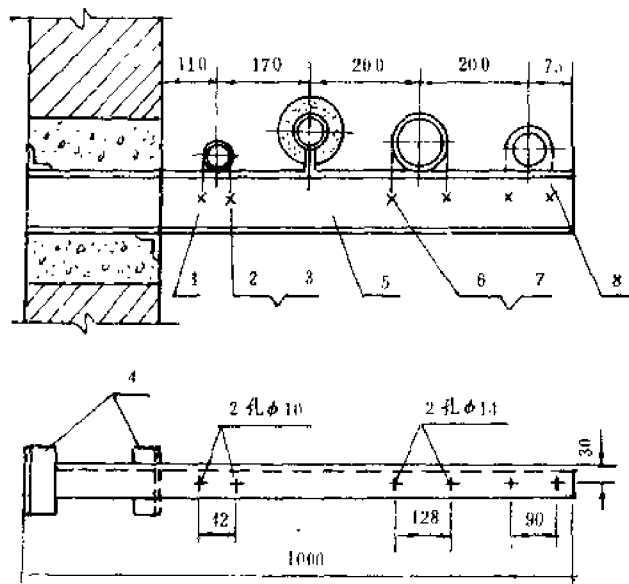


图 7-3 管道支架图

1. U形螺丝 $\phi 8$; 2. 斜垫圈 $\phi 8$; 3. 螺母 M8; 4. 角钢 $L40 \times 40 \times 4.5$ $l=120$;
5. 槽钢 $[120 \times 53 \times 5.5$ $l=1000$; 6. 螺母 M12; 7. 斜垫圈 $\phi 12$; 8. U形螺母 $\phi 12$

八、管道应力

设计管路系统时,必须避免与设备相连的管道上产生不能承受的应力。应力是由下列原因造成的:

- (1)管道和设备的热膨胀;
- (2)管道、物料、保温和其他辅助设备的重量;
- (3)流体压力降的反作用力;
- (4)由于泄压阀等辅助设备的动作而产生的荷载;
- (5)震动。

在设计管道系统时,热膨胀是要考虑的主要因素。压力降产生的反作用力通常可以忽略不计。固定荷载可以用设计适当的支架承重。

第二节 管路布置设计应考虑的问题

一、物料因素

有腐蚀性物料的管道,应布置在平列管道的下方或外侧。易燃、易爆、有毒和有腐蚀性物料

的管道不应敷设在生活间、楼梯和走廊处,并应配置安全阀、防爆膜、阻火器、水封等防火、防爆装置。放空管应引至室外指定地点或高出屋面 2m 以上。

冷热管道尽量分开布置。不得已时,热管在上,冷管在下。其保温层外表面的间距,上下并行时一般不应小于 0.5m。交叉排列时,不应小于 0.25m。保温材料及保温层的厚度根据规范定。

管道敷设应有坡度,坡度方向一般均沿着物料流动方向,但也有与物料流动方向相反的。坡度一般为 1/100~5/1000。输送粘度大的物料管,坡度要求大些,可至 1/100,含固体结晶的物料管道坡度可至 5/100 左右。埋地管道及敷设在地沟中的管道,在停止生产时,其积存物料不考虑放空者,可不考虑敷设坡度。有关物料管道的坡度列表于后:

物料	坡度
蒸气	5/1000
蒸气冷凝水	3/1000
清水	3/1000
冷冻水及冷冻回水	3/1000
生产废水	1/1000
压缩空气、N ₂	4/1000
真空	3/1000

管路布置,除满足正常生产要求外,还应符合开、停工和处理事故的要求。开、停工时,由于有关部分有开,有停,应当设置旁路管道,还应设置开工装料,停工时排料以及不合格产品的再加工管路。管路应能适应操作变化,避免繁琐,防止浪费。

在蒸气主管和长距离管线的适当地点应分别设置带疏水器的放水口及膨胀器。

为了安全起见,尽量不要把高压蒸气直接引入低压蒸气系统。如果必要,应装减压阀并在低压系统上装安全阀。

污水排放至专门系统,并考虑综合利用。根据污水的具体情况,可分别用合流式(即工业污水、雨水和便溺水全部由一个管网排出)或分流式(即工业污水和便溺水由一个管网排出,雨水和工业清水则由另一个管网排出)。有毒的污水需经处理后,方可排放。

真空管线应尽量缩短,避免过多的曲折,使阻力小,达到更大的真空度。还应避免用截止阀,因其阻力大,影响系统的真空度。

二、施工、操作及维修

支管多的管道应布置在并行管的外侧。引支管时,气体管从上方引出,液体管从下方引出。管道应集中架空布置,尽量走直线,少拐弯,不要挡门窗和妨碍设备、阀门、管件等的维修;不应妨碍吊车作业;在行走过道地面 2.2m 的空间也不应安装管道。

管道应避免出现“气袋”、“口袋”和“盲肠”。集气系统的布置应使得蒸气能方便地向最高点排放。

如有可能管道应沿墙安装,管与管间,管与墙间距离以能容纳管件、阀门及方便维修为原则。

三、安全生产

阀门要布置在便于操作的部位。操作频繁的阀门应按操作顺序排列。容易开错且会引起重大事故的阀门,相互间距要拉开,并涂刷不同颜色。

地下管道通过道路或有负荷地区,应加保护措施。

管道与阀门的重量,不要考虑支撑在设备上(尤其是铝制设备、非金属材料设备、铸铁泵等)。

四、其他因素

距离较近的两设备间,管道一般不应直连,因垫片不易配准,故难以紧密连接。设备之一未与建筑物固定或有波形伸缩器者例外。建议采用 45°斜接或 90°弯接。

不锈钢管与碳钢管架不应直接接触,以防电化学腐蚀。

管道通过楼板、屋顶或墙时,应安装一个直径大的管套,管套应高出楼板、平台表面 50mm。

管道布置中应顾及电缆、照明、仪表、暖风等其他管道,应全面考虑,各就各位。

第三节 管路布置图

管路布置设计要求绘出以下图样

- (1)管路布置图;
- (2)蒸气伴管系统布置图;
- (3)管段图;
- (4)管架图;
- (5)管件图;

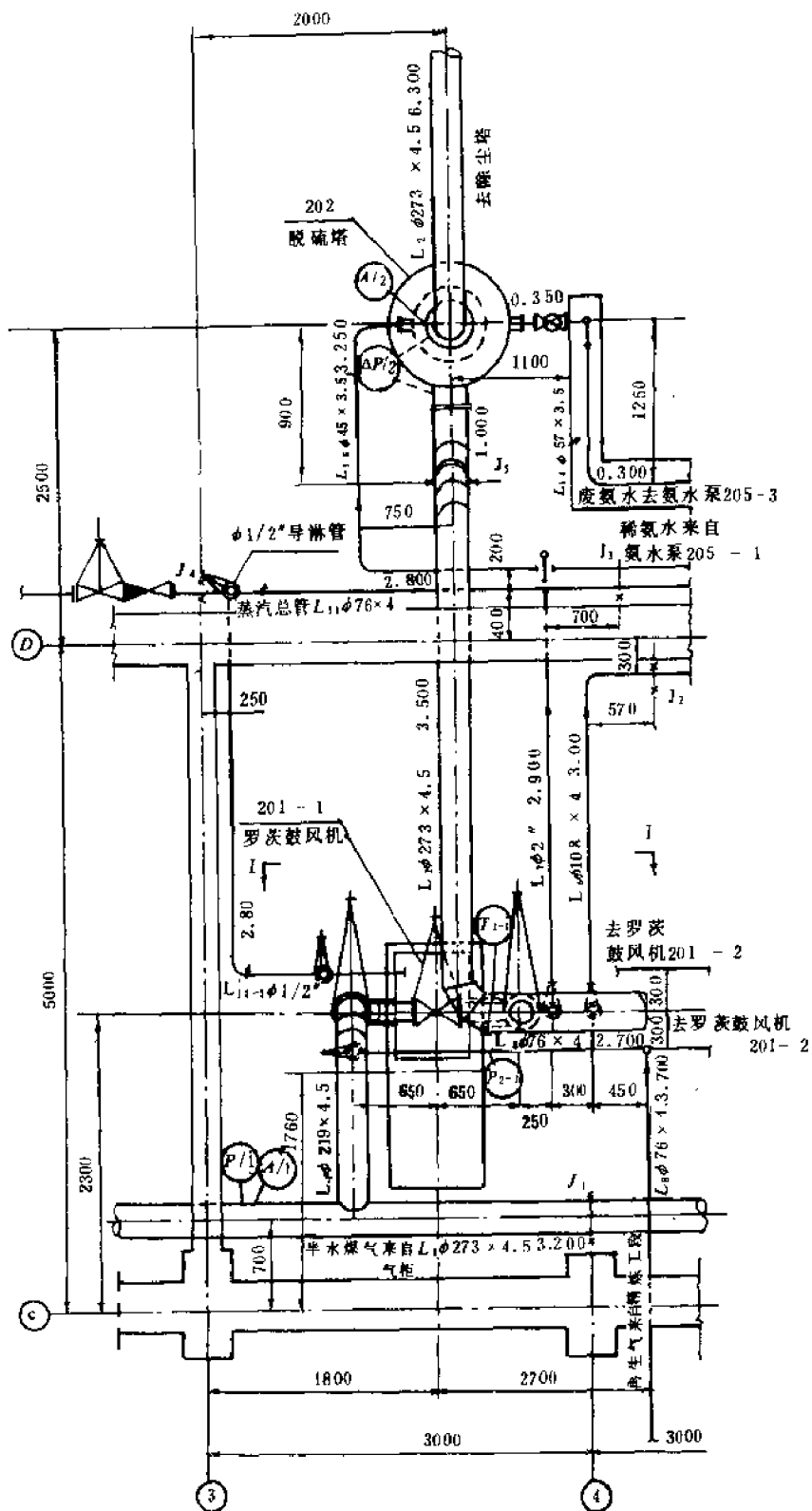
下面主要讨论管路布置图。

一、作用及内容

管路布置图又称为管路安装图或配管图,它是车间内管道安装施工的依据。这种图实际上是在设备布置图上添加管路及其配件的图形或标记而构成的。它通常以带控制点工艺流程图、设备布置图、有关的设备图以及土建、自控、电气专业等有关图样和资料作为依据,对管道作出适合工艺操作要求的合理布置设计并绘制出管路布置图。它表达了设备、机器间管路的空间走向、各种管件及控制点的安装位置。管道布置图的主要内容包括一组平立面剖视图,有关尺寸以及方位标题栏等。它要求在平面图上画出全部管道、设备、建筑物或构筑物的简单轮廓、管件、阀门、仪表控制点等。脱硫系统标号③④之间的管路布置平面图如图 7-1 所示。管路布置平面图上 I-I 剖视图(I-I 立面图),如图 7-5 所示。

二、绘制管路布置图的步聚

- (1)确定表达方案、视图的数量和各视图的比例;
- (2)确定图纸幅面的安排和图纸张数;
- (3)绘制视图;
- (4)标准尺寸、编号及代号等;



脱硫系统管路布置平面图

M 1 : 30

注：1. 图中尺寸单位为毫米

(5)绘制方位标、附表及注写说明;

(6)校核与审定。

三、绘制管路布置图应注意的事项

(1)为了突出管路及其配件,绘制时,用实线画出,而图中的厂房建筑和设备的图形一律用细实线画出。

(2)对于系统中相对大的直径管路,如图 7-4、7-5 中的半水煤气管和脱硫气管,也可以用略粗的双细实线画出。

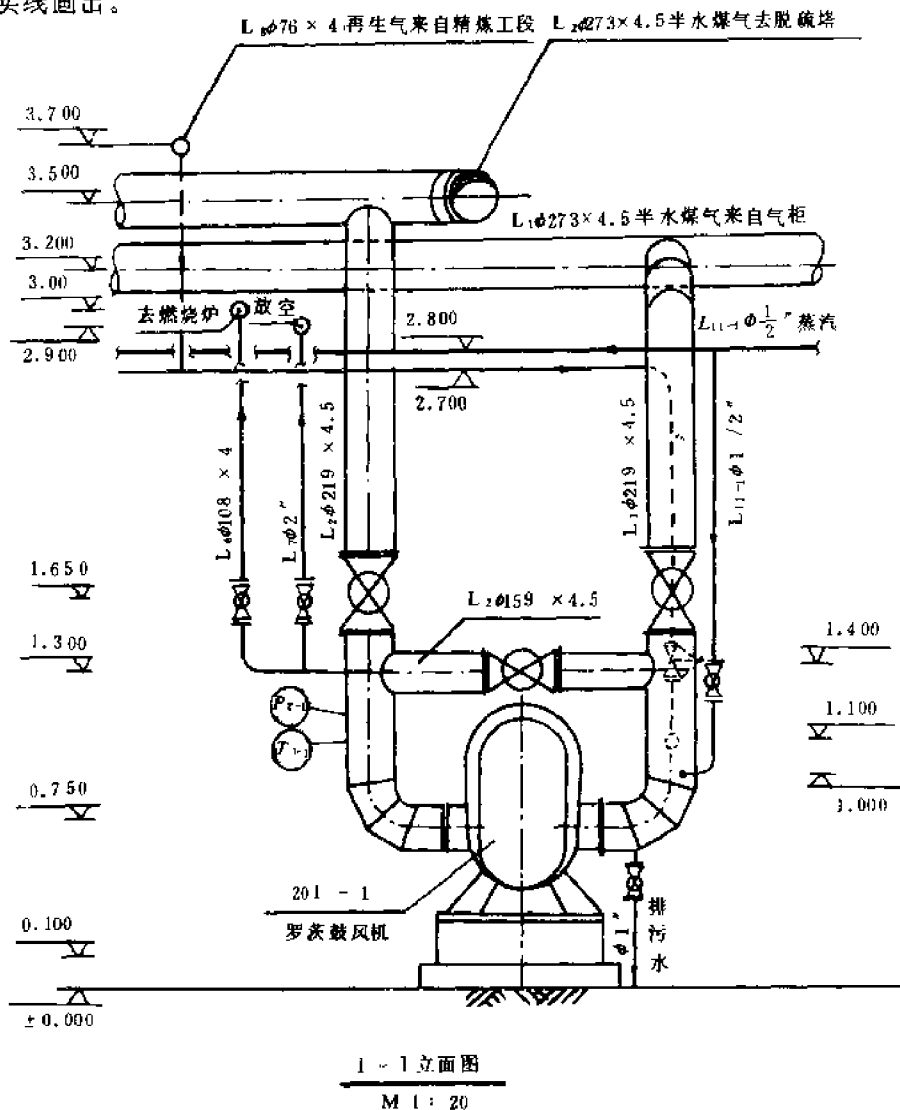


图 7-5 管路布置立面图

(3)图面范围内的每种管路,也应同流程图中的流程线一样,在起始和终止处,用文字标明管内物料的名称及其来源和去向;管路上还应注明管路编号和管材规格,并画出流向箭头;对水平管路还应注出其标高。例如图中来自气柜的半水煤气总管编号为 L_1 , 管材规格为 $\phi 273 \times 4.5$, 水平部分的标高为 3.200m。这些内容在各平立面布置图上都要重复标注。在同一布置图上,对于因作图需要,或由于投影重叠而被隔断的同一管路,也应在各管段上重复标注,以便对

照。

(4) 水平管路的定位尺寸, 一般只对大直径管路进行标注, 例如图中 $L_1 \phi 273 \times 4.5$ 同轴线 C 相距 700, $L_1 \phi 219 \times 4.5$ 同罗茨鼓风机垂直轴线相距 650 等等; 小直径管路的定位尺寸可在现场安装时决定, 图中可不标注。

(5) 在布置图中, 对管路上的各种配件一般都不按其真实投影画出, 而用简单的图形或符号代替。管路及其配件在管路布置图中的常用画法, 见附录 7-2。

(6) 管路布置图往往由于工艺过程复杂, 管线很多而难于识读, 所以常将管路系统划分为若干管段, 以较大的比例分别绘制各个管段的管路布置图, 或者分别绘制单个设备的配管图。例如图 7-4、7-5, 即为脱硫系统中部分管路的平面和立面布置图。

(7) 图样的比例为 1:20, 1:30, 1:50, 1:100, 1:200 等。原则上, 同一车间(工段或设备)内比例应相同。图幅常采用一号或二号图纸。不得已时, 才用 0 号图纸。

四、管段图

管段图是表达自一个设备至另一个设备(或另一管段)间的一段管线及其所附管件、阀门、仪表控制点等具体配置情况的立体图样。图面上往往只画整个管线系统中的一路管线上的某一段, 并用轴测图的形式来表示, 使施工人员在密集的管线中能清晰完整地看到每一路管线的具体走向和安装尺寸。这样便于材料分析和安装制作, 如图 7-6 所示。

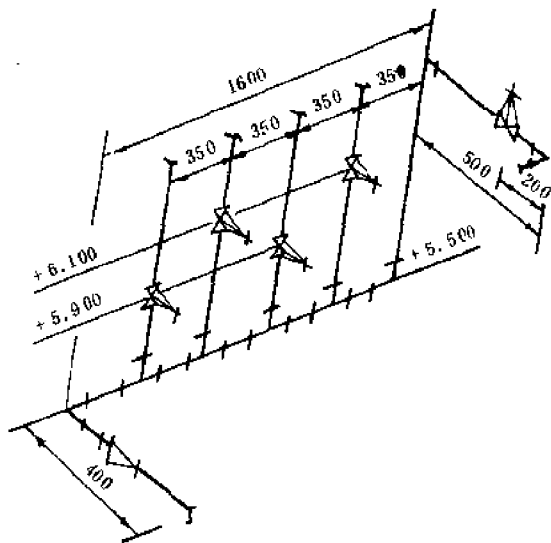


图 7-6 管线的管段图

对于合金钢管道、高温高压管道、复杂装置内的管道以及各种衬里管道(如钢衬胶管道、搪玻璃管道等)和某些非金属管道(如玻璃管道、石墨管道、酚醛塑料管道等), 除画平、立(剖)面图外, 还需要画出每路管线或一路管线的某一段的管段图。对于一般材质的中、小型管道工程, 由于设备不多, 管线也不复杂, 往往不画管段图。

工艺管道的管段图一般采用正等轴测投影的方法, 画成轴测图(立体图)。脱硫系统罗茨鼓风机至脱硫塔的管路布置轴测图, 如图 7-7 所示。

这种图富有立体感, 表达清晰, 容易识读。图样中的管件、阀门等大致按比例画出, 而管子长度则不一定按比例画出, 可根据其具体情况而定。因此, 识读管段图时, 一般不能用比例尺来

计算管线的实际长度。

近年来,随着石油化工的发展,我国从国外引进的大型化工、冶金装置中,管道施工图中都有管段图。用管段图配合模型设计将有取代管道布置平面图和立面图的趋势。

五、阅读管路布置图的步骤

管路布置图是根据工艺流程施工图、设备图和设备布置图设计绘制的。因此,在阅读管路布置图之前,应先看懂这些图样,在阅读过程中也应随时参考这些图样。读图时,如果采用合理的方法和步骤,就可既快又准地达到看懂图的目的。经常阅读反复实践就可熟能生巧,总结出更好的读图经验来。阅读管路布置图,一般应以阅读平面图为主,同时以有关的立面或剖面图为辅,对照阅读。现以图 7-4、7-5 为例,说明阅读的步骤:

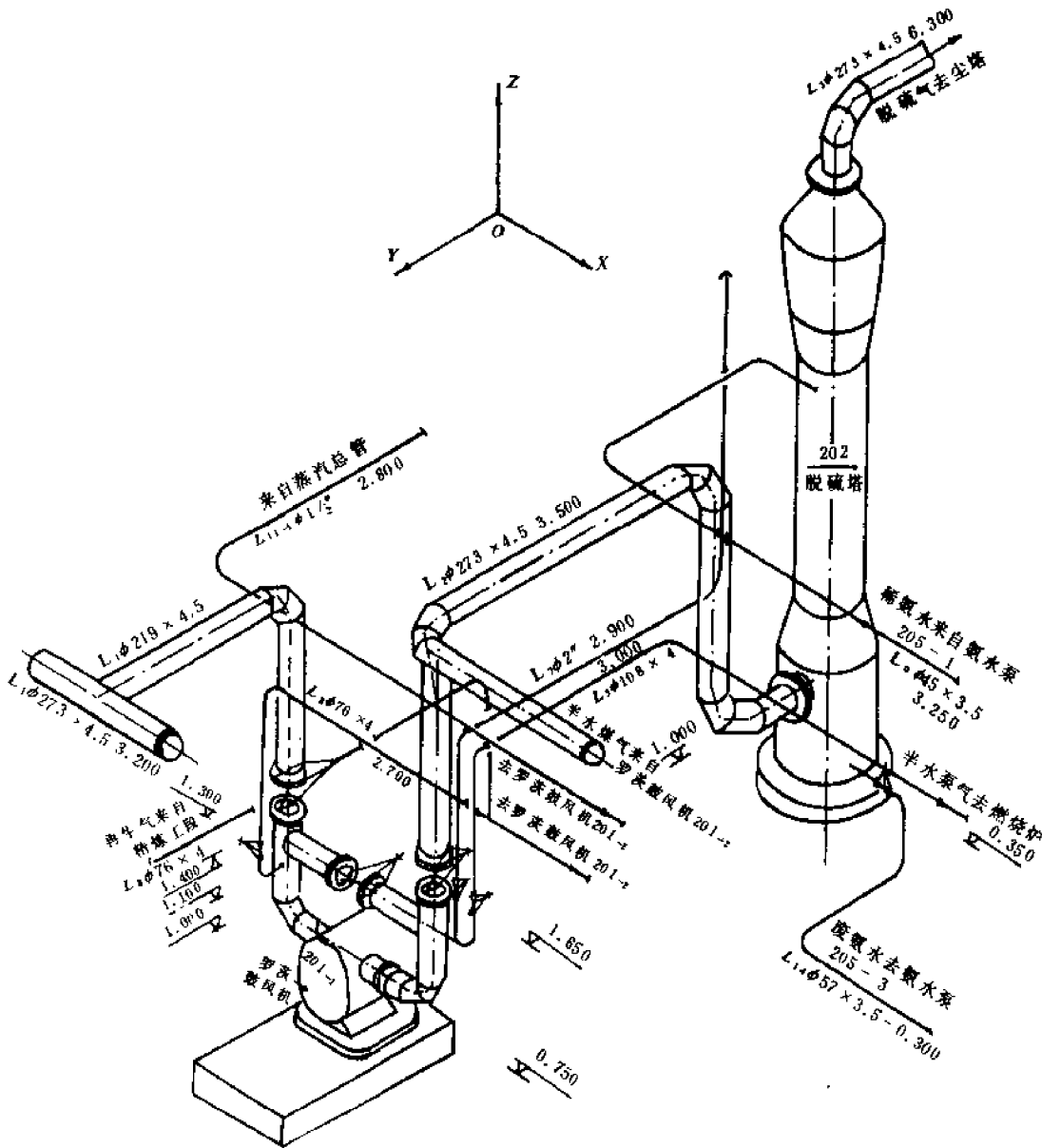


图 7-7 管路布置轴测图

1. 概括了解图示的内容

这两幅图是合成氨工艺中脱硫车间一部分管路的布置图。平面图表达了罗茨鼓风机 201-1 和脱硫塔 202 的管路布置情况; I-I 剖面表达了一个立面上罗茨鼓风机前后的配管情况。

根据对图样投影关系的分析, I-I 剖面图中构筑物、设备和管道走向的方位, 同平面图所示的方位有所不同, 即剖面图图形左面为东、右面为西, 读图时应予以注意, 否则容易引起错误。

2. 了解厂房、设备及其布局

从图中厂房建筑图部分可以看出, 系统所在的厂房为一单层建筑。它的南墙(位于轴线 C 上)有两个墙垛, 它们的纵向定位轴线分别为 3 和 4。墙垛之间的距离, 亦即厂房的“柱距”为 3000。位于轴线 D 上的北墙与南墙之间的距离, 亦即厂房的“跨度”为 5000。作为隔墙的西墙位于轴线 3 上。图样中画出了两台设备, 一台为罗茨鼓风机 201-1, 布置在厂房内, 另一台为脱硫塔 202, 布置在北墙以北的室外。

3. 了解设备的定位尺寸、接管方位和标高

罗茨鼓风机安装在南墙以北、西墙以东、其主轴的轴线与轴线 3 相距 1800。半水煤气进出口分布在风机东西两侧的同一标高(0.750)上, 它们的轴线距轴线 C 2300。脱硫塔的中心位置在轴线 D 以北 2500、轴线 3 以东 2000, 脱硫塔进气口在塔的南侧, 标高 1.000; 稀氨水进口在塔的西侧, 标高 3.250, 废氨水出口在塔的东侧, 标高 0.350。

4. 查清管路走向和配件安装位置

这一组管路布置图所涉及的管路有 10 种之多, 管路上还有各种阀件及其他配件, 阅读时, 应按管路的编号, 从最主要的管路着手, 沿管内物料流动方向逐一进行辨认。

来自气柜的半水煤气总管 $l_1 \phi 273 \times 4.5$, 以标高 3.200 距轴线 C 700 的位置, 穿西墙, 沿南墙进入车间, 并在其延伸方向上, 与风机轴线相距 650 的地方接出支管 $l_1 \phi 219 \times 4.5$ 。这一支管以与总管相同的标高向北平伸至与轴线 C 相距 2300 处折向下行, 在标高 1.650 和 1.300 处分别装接闸阀和旁通道 $l_1 \phi 159 \times 4.5$, 然后在标高 0.750 处折转向东, 与罗茨鼓风机西侧的进气管相接。在这一段下行的 $l_1 \phi 219 \times 4.5$ 管路上, 还在标高 1.100 处从南侧接入来自精炼工段的再生气管 $l_8 \phi 76 \times 4$; 在标高 1.000 处从西北侧接入蒸气管 $l_{11-1} \phi 1/2''$; 在同鼓风机进气管相接前, 还装接了 $\phi 1''$ 排污管。

管路 $l_2 \phi 219 \times 4.5$ 由罗茨鼓风机东侧的出气口接出, 在与风机轴线相距 650 处折转向上, 在标高 1.300 和 1.650 处分别装接旁通管 $l_2 \phi 159 \times 4.5$ 和闸阀后, 继续向上延伸, 最后接入管中心标高为 3.500 的半水煤气管 $l_2 \phi 273 \times 4.5$ 。

这条自东面西的半水煤气管 $l_2 \phi 273 \times 4.5$ 在同立管 $l_2 \phi 219 \times 4.5$ 相接后, 便以原来的标高折转向北, 同轴 3 保持 2.300 的距离延伸穿过北墙, 直到与脱硫塔中心线相距 900 时, 才折转下行至 1.000 标高处, 再折转向北接入脱硫塔。在这段管路上除三次改变走向所用的三个虾米腰弯, 和在距离脱硫塔中心线 900 折转向下时有一管架 J_5 外, 没有其他重要配件。

除 l_1, l_2 以外的其他管路, 如 l_3, l_7, l_8 以及 l_{11}, l_{13}, l_{14} 等等, 请读者参照上述方法自行阅读。

化工工艺管道图的识读关键是识读管路布置图, 它是指导管路安装的技术文件。所以当我们进行管道施工安装时, 首先必须阅读带控制点的工艺安装流程图, 在此基础上读懂管路布置图, 只有对图中全部设备和管线都搞清楚了, 才能准确无误地进行管路安装工作。

对于刚接触配管图的人来说, 图纸上管道纵横, 交叉重叠, 一时间, 不知从何下手。但是读配管图和做其他事一样, 都有一定的规律可循, 只要掌握读图方法和步骤, 反复实践, 认真阅读, 一步一个脚印, 不放过任何一个细节, 克服急躁情绪, 任何一张复杂的管路布置图都是可以

看懂的。

六、识读举例

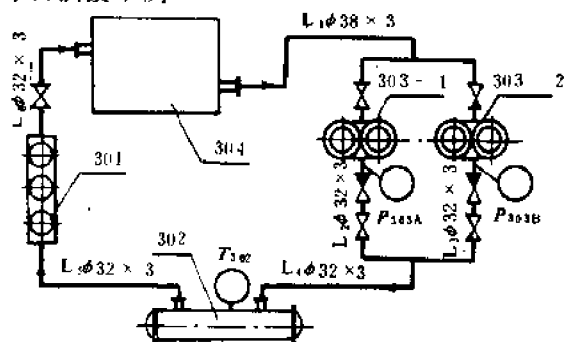


图 7-8 油泵管路系统流程图

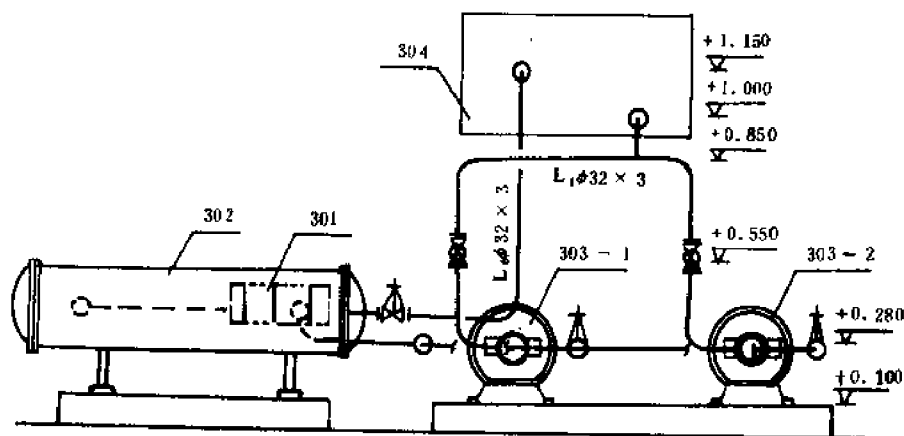
系统。润滑曲轴的油从曲轴箱 304 沿管线 l_1 - $\phi 38 \times 3$ 进入油泵 303-1 或 303-2，经油泵加压后沿管

识读油泵配管图。

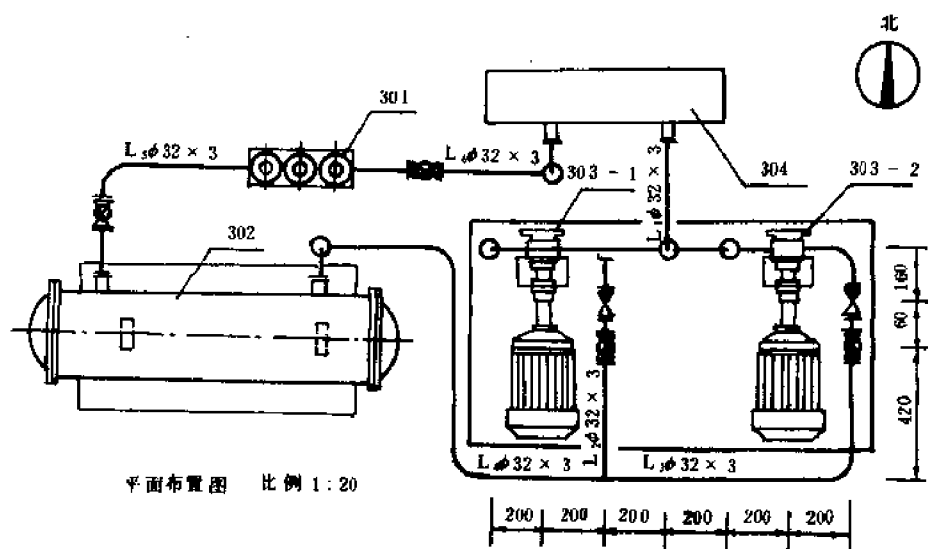
1. 流程图的识读

通过图 7-8 可以看到，油泵管路系统的工艺设备共有 5 台；其中静止设备两台，油过滤器 301 和油冷却器 302；传动设备有曲轴箱 304 和两台油泵 303-1、303-2。

这是一组由油泵、冷却器、过滤器和压缩机曲轴箱通过管路的连接而组成的油冷却循环系



立面布置图



平面布置图 比例 1:20

图 7-9 油泵管路系统平、立面图

线 l_2 - $\phi 32 \times 3$ 和 l_1 - $\phi 32 \times 3$ 流向冷却器 302 冷却，再沿管线 l_3 - $\phi 32 \times 3$ 流向过滤器 301 进行过

滤,最后油沿管线 $L_6-\phi 32 \times 3$ 重新回到压缩机曲轴箱使用。

通过流程图还可知道油泵 303_{-1} 及 303_{-2} 的出口管上各有一只压力表 P_{303A} 和 P_{303B} ,在冷却器 302 的油管出口处有一只温度计 T_{302} 。

在图 7-8 中有二台油泵,一台是常用油泵,另一台备用。如果运转的油泵需要维修或发生故障时,备用油泵就顶替工作。方法是先关闭故障油泵的进出口阀门,再开启备用油泵的进出口阀门并进行启动。

由于这组油泵的管路比较简单,设备的分布情况在管路平面图上也很清楚,因此,设计人员一般就不另作设备布置图,而用管路布置图代替。

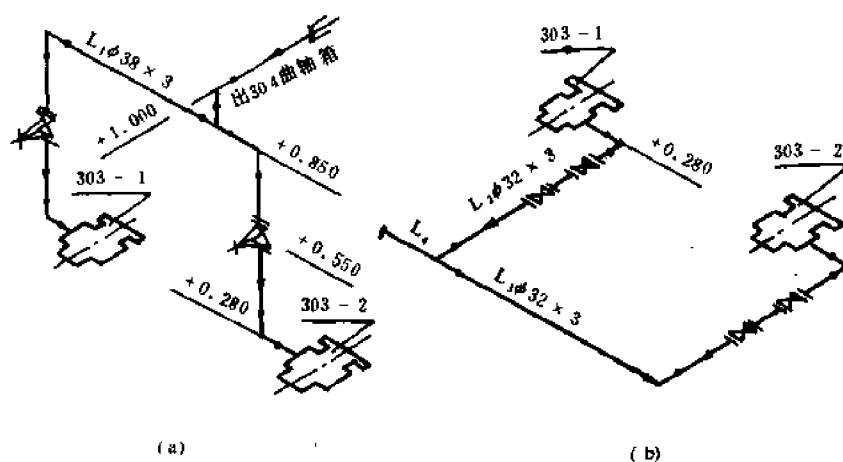


图 7-10 L_1 、 L_2 和 L_3 管线的管段图

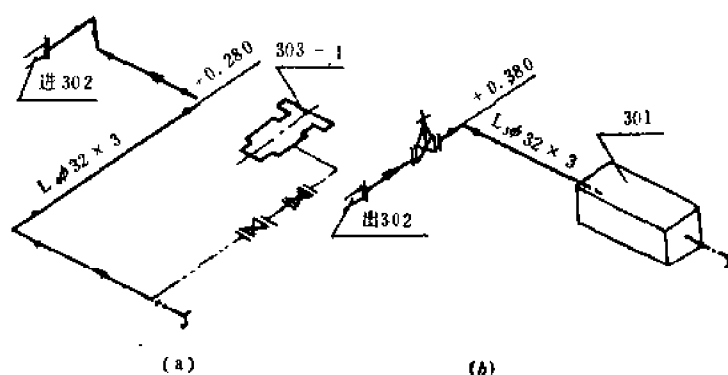


图 7-11 L_4 和 L_5 管线的管段图

2. 平、立面图的识读

图 7-9 为图 7-8 油泵管路系统的平、立面图,为了便于识读,把每路管线用管段图的形式加以分析。

(1)参照管段图 7-10a 可知,来自压缩机曲轴箱的油管 $L_6-\phi 38 \times 3$ 由北向南从标高 1.000m 处拐弯朝下至标高 0.850m 处,然后由三通分成两路,一路向西 600(单位为 mm,以后同)一路向东 200,分别拐弯朝下至标高 0.280m 处(在两根立管上分别装有截止阀,标高均为 0.550m),然后都由西向东 200 分别进入油泵 303₁和 303₂的进口处。

(2)同样参照管段图 7-10b 可知, $L_2-\phi 32 \times 3$ 是油泵 303₁的出口管,标高为 0.280m,它先向东 200,然后转弯向南 740 与管道 $L_3-\phi 32 \times 3$ 、 $L_4-\phi 32 \times 3$ 经三通相接。油泵出口管的止回阀中心离泵出口管中心为 160,截止阀中心又距止回阀中心为 160。

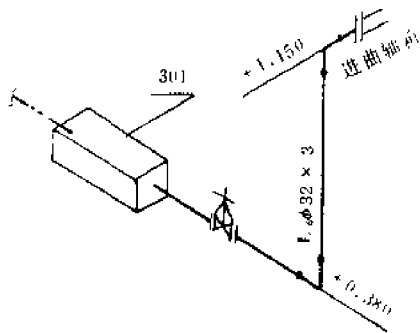


图 7-12 L_6 管线的管段图

(3) $L_3-\phi 32 \times 3$ 是油泵 303₂的出口管,标高为 0.280m,它向东 200,然后转弯向南 740,再朝西 800,通过三通与 $L_2-\phi 32 \times 3$ 汇合。

(4) $L_4-\phi 32 \times 3$ 是管线 L_2 和 L_3 的汇合管,标高为 0.280m,从汇合三通处向西,然后转弯向北,进入油冷却器 302,标高为 0.380m,如图 7-11a 所示。

(5) $L_5-\phi 32 \times 3$ 是从油冷却器 302 至过滤器 301 的管线。在冷却器出口接管处装有一只截止阀,先朝北再朝东进入过滤器 301。此管路呈直角形,标高为 0.380m。如图 7-11b 所示。

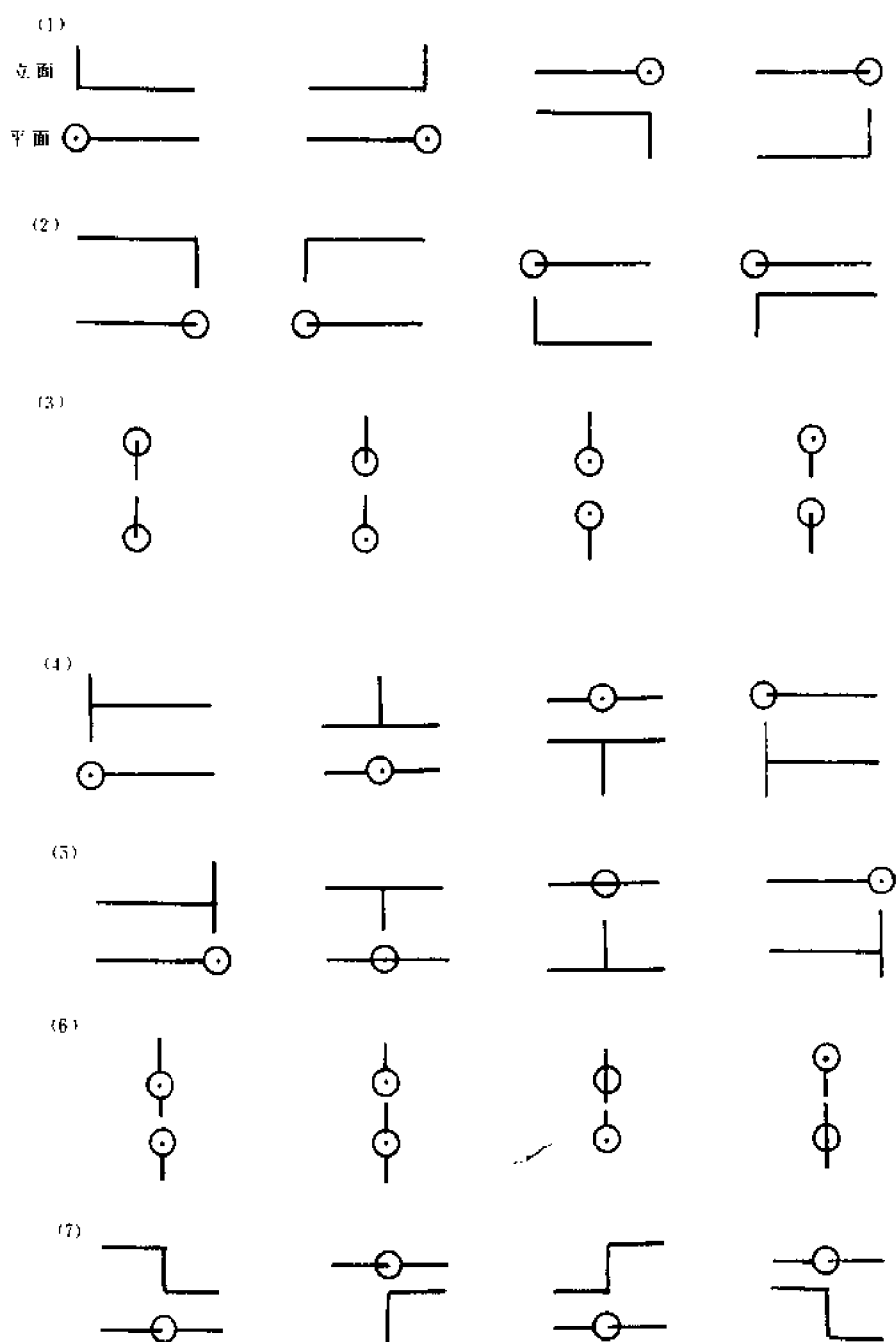
(6) $L_6-\phi 32 \times 3$ 是过滤器 301 出口至曲轴箱进口之间的管线。它先自出口处(装有一只截止阀)朝东,标高为 0.380m,然后拐弯向上至标高 1.150m 处,再朝北进入曲轴箱 304,如图 7-12 所示。

通过流程图、平(立)面图及管段图的识读,初步建立起一个油循环管路系统的空间概念。

复习思考题

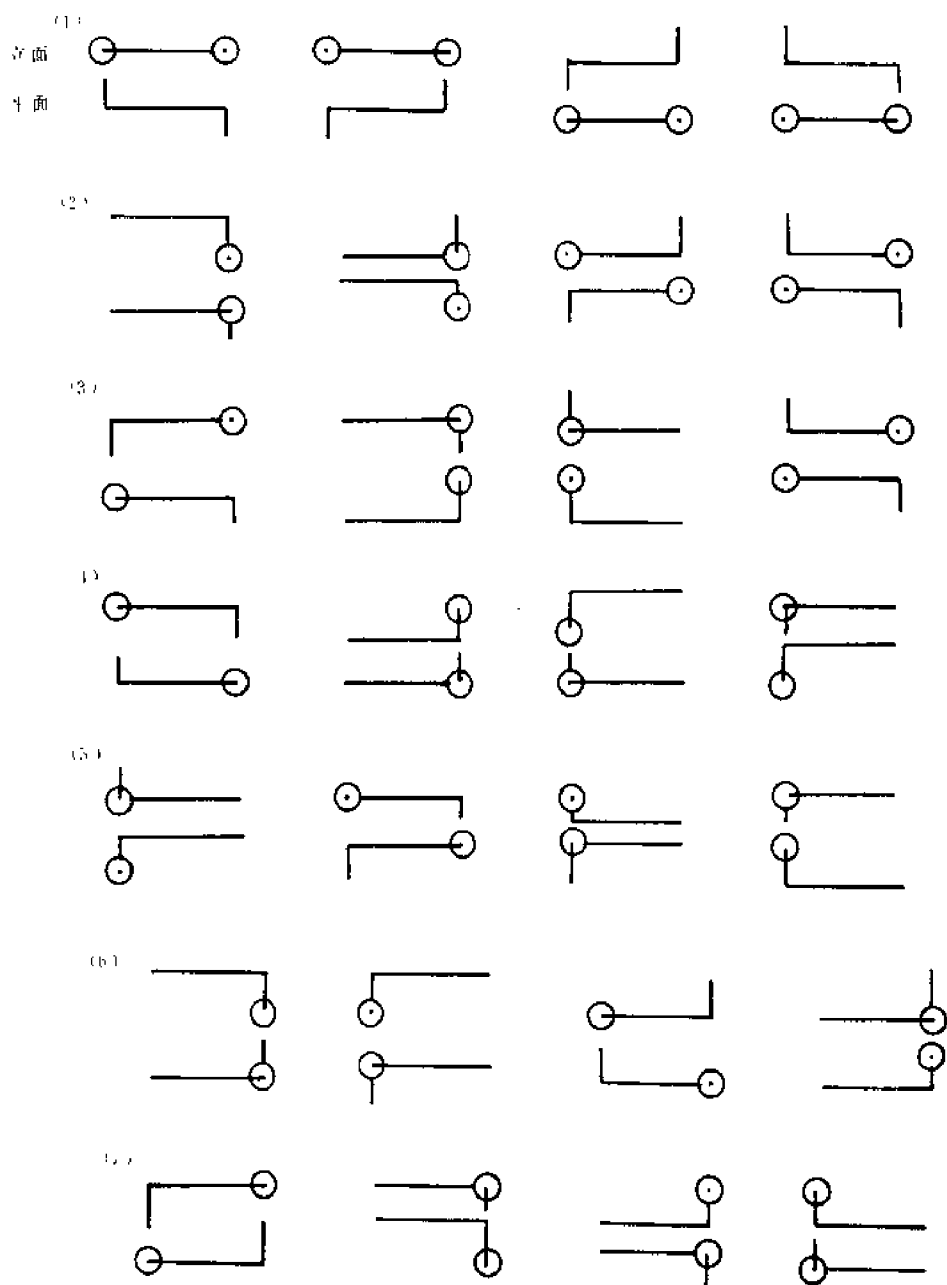
1. 化工厂通常采用什么管道、阀门?
2. 管道连接的方式有几种?
3. 什么叫管件图及管架图?
4. 管路布置应考虑哪些因素?
5. 怎样绘制管路布置图?
6. 如何阅读管路布置图?
7. 想像管道的空间形状:

(1)如附图 7-1 结合弯头、三通及来回弯的平、立面图,想像其空间的形状(在每小题里,上图为立面图,下图为平面图)。



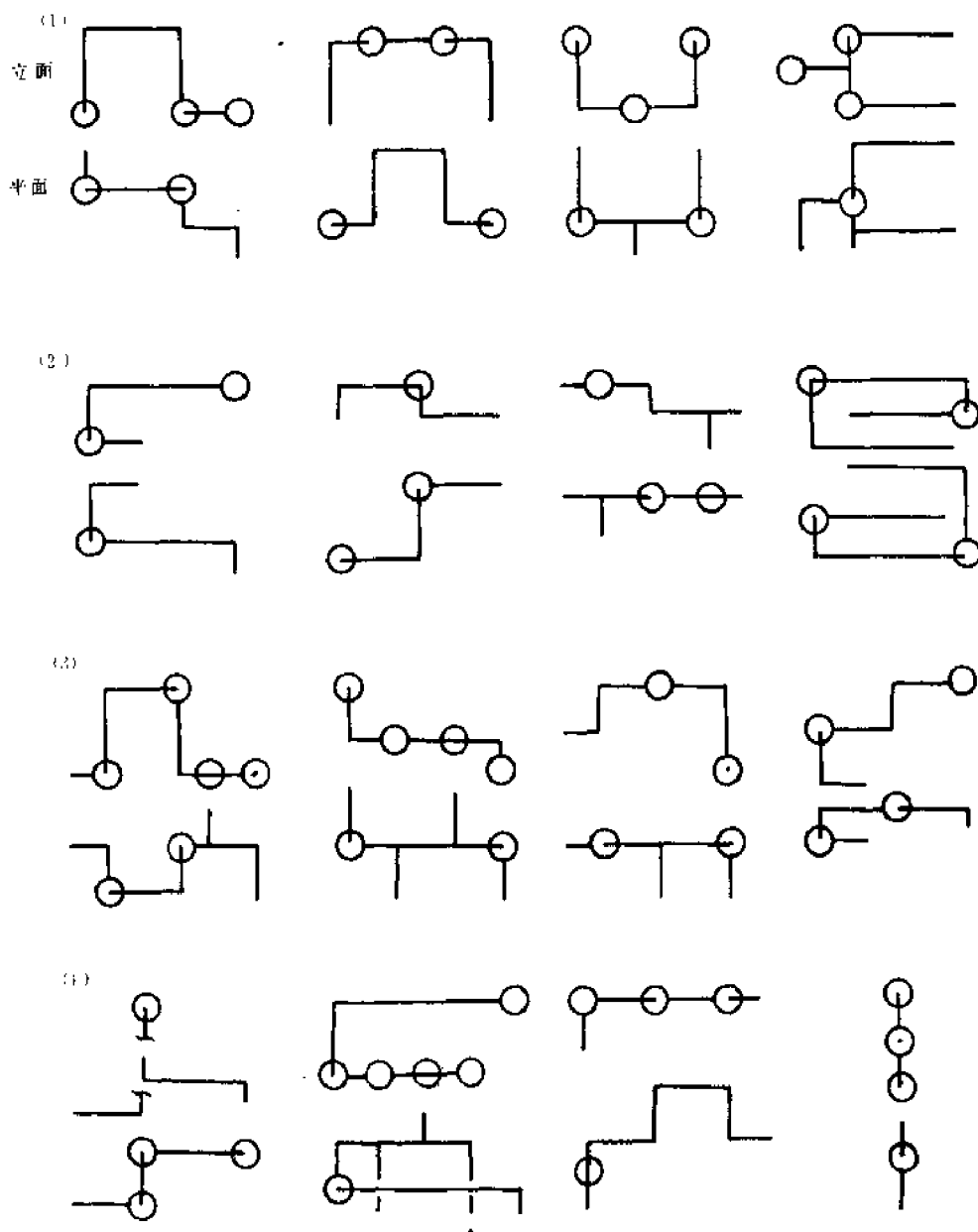
附图 7-1 由弯头、三通及来回弯想像其空间的形状

(2)如附图 7-2 结合来回弯及摇头弯的平、立面图,想像其空间的形状(在每小题里,上图为立面图,下图为平面图)。



附图 7-2 由来回弯及摇头弯想像其空间的形状

(3)如附图 7-3 结合下列平、立面图,想像管道的空间形状(在每小题里,上图为立面图,下图为平面图)。



附图 7-3 由平立面图想像管道的空间形状

8. 说出下列阀门的型号及标志中每个符号所表示的含义。

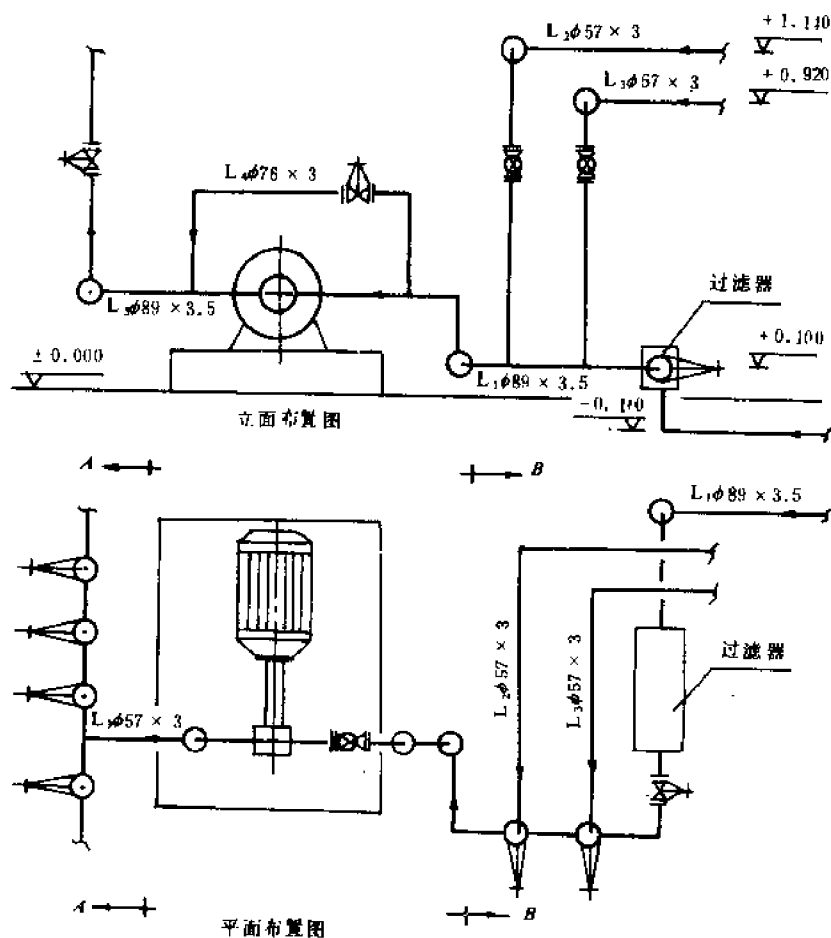
J11T-16, Z45T-10, X13W-10T, Q41F-16

G44C-6, Z440H-25, A43H-16C, Y43H-25。

习 题

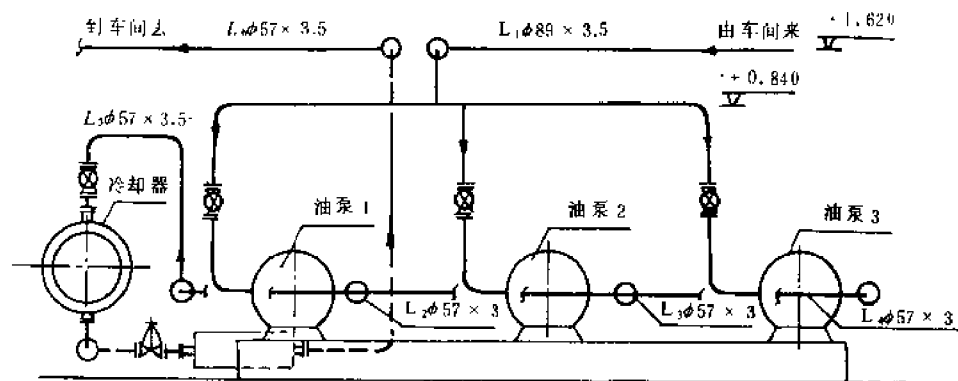
1. 根据附图 7-4 及 7-5 说明图中 L_8 , L_{13} , L_{14} , L_{11} 和 L_{11-3} 等管路的用途, 规格和走向, 以及管路上的各种配件及其安装位置。

2. 阅读氨水泵配管图(如附图 7-4 所示), 并作出管道弯头、法兰和阀门的材料分析(说明管道、阀门、法兰及垫片的名称、材料、规格及数量等)。

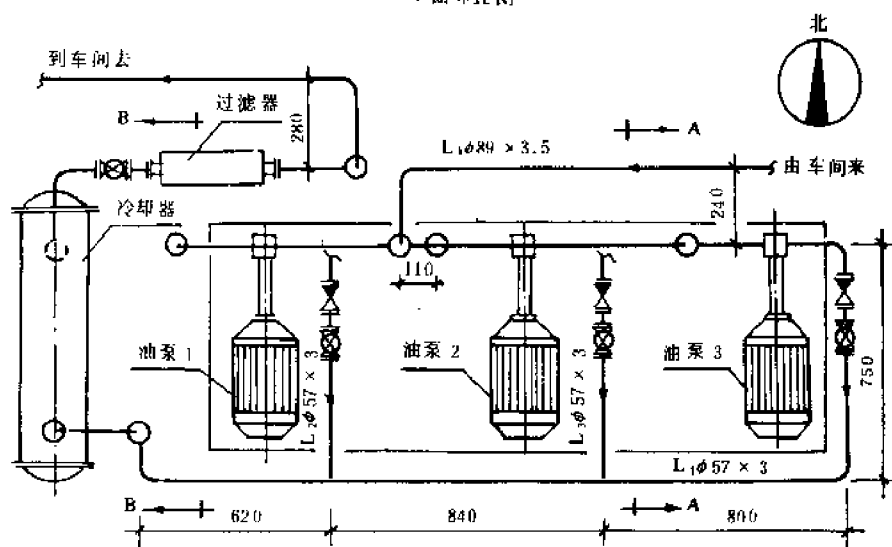


附图 7-4 氨水泵配管图

3. 阅读油泵配管图(如附图 7-5 所示), 并作出管道弯头、法兰和阀门的材料分析。



立面布置图



平面布置图 比例 1:50

附图 7-5 油泵配管图

第八章 工艺设计说明书

设计说明书和设计图纸是设计的最终产品。按设计阶段的划分,可分为扩大初步设计说明书和施工图设计说明书。现分别介绍。

第一节 扩大初步设计说明书

扩大初步设计说明书的内容大致包括下列内容:

(一)绪言:其内容包括①生产任务;②生产方法;③车间组成;④车间和外部的关系;⑤工作制度;⑥其他。

(二)半成品和成品的生产工艺说明,其内容为

(1)半成品或成品的特性和规格:①半成品或成品名称;②分子式和化学结构式;③分子量;④物理和化学性质;⑤规格或技术条件。

(2)原料特性和规格:内容同上。

(3)化学反应和生产步骤。

(4)流程叙述,需要说明下列内容:①物料的来龙去脉;②主要设备特性;③工艺操作条件(如压强、温度、时间、流量等);④加料量和出料量及其成份;⑤每批产量或单位时间产量;⑥分段产率和最终产率;⑦其他。

(5)生产控制,说明控制名称,取样地点,控制项目、控制次数、检验方法、标准或技术指标。

(6)生产 1 吨 100% 半成品或成品的原料消耗定额。

(7)生产 1 吨 100% 半成品或成品所产生的排出物。

(三)设备设计与选择,说明主要设备的设计内容以及选择设备型号、规格及套数。

(四)原料消耗综合表,如表 8-1 所示

表 8-1 原料消耗综合表

序号	原料名称	单位	纯度 (%)	每吨产品消耗定额(吨)		每昼夜(或每小时)消耗量(吨)		每年消耗量(吨)		备注
				工业品	100%	工业品	100%	工业品	100%	

(五)能量消耗综合表如表 8-2 所示。

表 8-2 能量消耗综合表

序 号	名 称	单 位	每吨产品 消耗定额	每小时 最大用量	每昼夜(或 每小时)消耗量	每年消耗量	备 注

(六)排出物综合表(包括副产品、废水、废物),如表 8-3 所示。

表 8-3 排出物综合表

序 号	名 称	特性 和成份	单 位	每吨产品 排出量	每 小 时	每 年	备 注

(七)车间人员表如表 8-4 所示。

表 8-4 车间人员表

序 号	人员名称	每日班数	每 班 人 数			总 计	备 注
			I	II	III		
	I. 工程技术 人员 小计						
	II. 职员 小计						
	III. 生产工人 小计						
	IV. 辅助工人 小计						
	总 计						

(八)劳动保护和安全技术。

(1)劳动保护:①化合物的物理化学性质、毒性和空气中最大允许浓度;②蒸气、电、机械轧伤等注意事项;③特殊防护措施;④一般保护措施。

(2)防火安全:①化合物的着火、爆炸性能(如闪点、爆炸范围、蒸气密度等);②厂房火灾危险性等级;③防火、防爆技术措施;④一般措施。

(九)附录包括:①设备一览表;②生产工艺流程图;③车间各层平面布置图;④车间各剖面图等。

第二节 施工图设计说明书

施工图设计说明书的内容一般包括下列几部分:

(一)说明书。有关车间工艺设计的说明书,在施工图阶段和扩大初步设计阶段,其内容基本上相同。施工图阶段说明书补充扩大初步设计阶段还没说清楚的问题。施工图阶段说明书中附有施工说明以及某些设备的订货和安装说明等。

(二)设备一览表。设备一览表包括各工段的设备和自动控制仪表一览表。设备一览表的格式见第五章第三节。

自动控制仪表一览表格式见表 8-5。

表 8-5 ××工段自动控制仪表一览表

位 号	用 途	仪器名称 及规格	型 号	数 量	安 装 地 点	制 造 厂	化 学 成 份 及 比 重	技术数据最大值		流量或液面			管 径 (毫 米)	备 注
								温 度 (℃)	压 强 (表压)	最 大	正 常	最 小		

(三)安装材料一览表。包括各工段管道安装综合材料一览表和自动控制仪表安装材料一览表。

管道安装综合材料一览表的格式见表 8-6。

表 8-6 ××工段管道安装综合材料一览表

序 号	材料名称	规格型号	材料	数量	重 量(kg)		备 注
					单重	总重	

自动控制仪表安装材料一览表的格式见表 8-7。

表 8-7 自动控制安装材料一览表

序 号	名称及规格	材料	标准或技术条件	单 位	数 量	重 量(kg)		备 注
						单重	总重	

(四)图纸工艺方面的施工图有:①施工流程图(带控制点工艺流程图);②设备布置图(包括设备平、立面布置图);③管道安装图(配管图);④设备管口方位图;⑤管件图及管架图。

复习思考题

1. 扩大初步设计说明书的内容包括哪些?
2. 工艺流程需要说明哪些内容?
3. 施工图设计说明书包括哪些内容?

第九章 工艺设计概(预)算书

衡量一座化工厂或一个车间设计的好坏,除了看其在技术上是否可行和先进外,还要探讨其在经济上是否合理(花钱少,收益大)。以车间为例,通过概算和预算的编制,由车间各项工程的基本建设投资,可以明显地看出车间设计在经济上是否合理。

“概算”是在扩大初步设计阶段编制的,一般都是套用定额编制。

什么是概算呢?顾名思义,是大概计算车间的投资,作为上级领导机关对基本建设单位拨款的依据,同时也作为基本建设单位与施工单位签订合同付款及基本建设单位编制年度基本建设计划的依据。由于扩大初步设计,没有详细的施工图纸,因此,对于每个车间的费用,尤其是一些零星的费用,不可能很详细地编制出来。概算主要提供有关车间建筑、设备及安装工程费用的基本情况。

“预算”是在施工图阶段编制的。预算是预备计算车间的投资,作为国家对基本建设单位正式拨款的依据,同时也为基本建设单位与施工单位进行工程竣工后结算的依据。由于有了施工图,因此,有条件编制得详细和完整,预算包括车间内部的全部费用。

概(预)算不但可以促进设计的经济合理性,也是国家对基本建设工作进行财政监督的一项重要措施。为了体现技术上的先进性和经济上的合理性,概、预算应由设计单位编制。设计人员应对设计工程所编制的概、预算负责。

第一节 综合概、预算的组成

每个生产车间的概、预算包括土建工程、给排水工程、采暖通风工程、特殊构筑物工程、电

表 9-1 ××概算书的格式

建设单位名称:						
概算价值: 元						
概算书号:						
技术经济指标: 单位、数量。						
工程名称:						
工程项目:						
根据 图纸及 19××年价格和定额编制						
顺序 号	价目表编号	工程或费用名称	计算单位	数量	概算价值(元)	
					单 价	总 价

××科(室)编制人:

审核人:

××科(室)负责人:

预算科(室)审核人:

19××年×月×日编制

气照明工程、工艺设备及安装工程、工艺管道工程、电气设备及安装工程和器械、工具及生产用家具购置等的概、预算。工程概算是根据概算指标,采用表 9-1 的格式编制的;工程预算是根据各工程数量和工程单价,采用表 9-2 的格式编制的。整个车间的综合概(预)算汇总采用表 9-3 的格式。

表 9-2 ××预算书的格式

建设单位名称:											
预算价值: 元(其中包括设备费、安装费及购置费)											
技术经济指标: 单位、数量。											
预算书编号:											
工程名称:											
工程项目:											
根据 图纸 设备明细表及 19××年价格和定额编制											
顺序号	价目表名称和项目编号	设备及安装工程名称	数量及单位	重量(吨)		预算价值(元)					
				单位重量	总重量	单位价值			总价值		
						设备	安装工程		设备	安装工程	
							总计	其中工资		总计	其中工资

××科(室)编制人:

审核人:

××科(室)负责人:

预算科(室)审核人:

19××年×月×日编制

表 9-3 综合概预算汇总表

顺序号	概预算书编号	工程和费用名称	概、预算价值						技术经济指标		
			建筑工程	设备	安装工程	器械、工具及生产用家具购置	其他费用	总值	单位	数量	单位价值(元)

第二节 工艺设备及安装工程费用的内容

化工厂各生产车间或工段以及各辅助车间的设备及安装工程概算书,应包括该车间或工段的全部工艺设备及安装工程费用。

一、设备费

(1)通用设备:凡国家统一分配的设备、进口设备或内部调拨的设备,应包括设备出厂原价

(或国家调拨价)以及设备由出厂地点(或调拨地点)到达施工工地仓库后的全部费用,即概算书中的设备运杂费用。

(2)化工非标准设备:凡按非标准设备估价标准计算出的设备费仅为设备的出厂原价(不包括设备运杂费),包括加工材料费和制造过程中的施工材料(辅助材料)和施工中的材料损耗费等。

二、工艺设备安装费

凡需要进行安装的设备,均应计算设备安装费,不需要进行安装的设备,一律不得计算安装费。

三、填充物、保温、保护层及防腐蚀材料的安装费

(1)设备内填料:化工设备内必须装填的各种填料,应按照设计图纸所需的填料材料种类、规格及数量,按理论重量或体积计算。填料的安装费包括填料本身的材料费、安装人工费、吹洗费以及间接工程费。同时应附出每个车间或工段各个设备填料用量一览表。

(2)设备的衬里:化工设备内所需的衬里材料,应根据各项设备的设计图纸所需衬里材料的种类、规格及数量,按照理论重量或面积计算。设备衬里的安装费包括设备衬里制造过程中的主次材料费、人工费、施工机械费、制造过程中的施工损耗率及间接工程费,同时应附出每个车间或工段各个设备衬里材料用量一览表。

(3)设备保温、保护层以及防腐蚀:凡需要保温、防腐蚀的化工设备,均应按照设计图纸所需的保温、防腐蚀材料种类、材质、规格及数量计算。保温、防腐蚀材料的安装费包括各保温、保护层以及防腐蚀的主要材料费、人工费以及其他费用在内。同时附出每个车间或工段各个设备的保温、防腐蚀材料用量一览表。

四、生产用工具及家具的购置费

车间或工段所必需的生产工具、家具等物品,根据设计说明中规定的种类及数量进行编制。

第三节 工艺设备及安装工程概(预)算书的编制方法

(1)设备及安装工程概(预)算书应按车间或工段分别采用表 9-1 及表 9-2 编制,不得将几个车间或工段混淆在一起编制。

(2)计算设备及安装工程量的依据是车间或工段的设备一览表。每项设备所需用的电动机、减速机等附属设备应分别列入该项设备之中,并详细地填写出各设备的型号、规格、数量及材料。

(3)设备由制造厂运至施工工地仓库所需要的运杂费,应按国家规定的百分率计算。

设备运杂费的计算方法是按设备原价的总值乘以运杂费率。国内外的运杂费率是不一样的。国内例如上海,其运杂费率为 3%。国外及国内其他地区的运杂费率见有关资料。

(4)设备安装费,是按需要安装设备的总重量(吨)乘以所规定的设备安装概算指标,即得设备安装费。

编制设备安装费时,应根据设备一览表中所需要安装的设备的重量加起来。但在计算需要安装设备的总重时,必须将设备内的填料重量、砌耐酸、耐火砖等的重量扣除,不得将这类安装材料的重量加入设备安装总重量内。

(5)凡设备所用的金属支架、支座或金属构件,除与设备构成一体之外,在施工现场制作的金属支架、支座或金属构件,均应单独编制一份设备用金属结构的概(预)算书,不得与工艺设备及安装工程概(预)算混淆在一起。

(6)工业炉砌筑工程,应根据设计图纸计算出工程量,套用工业炉砌筑工程单价,单独编制一份工业炉砌筑工程概(预)算书。若工业炉子是用金属制成的,应与本车间或工段的工艺设备及安装工程编制在同一概(预)算书内,不得与工业炉砌筑工程混在一起。

(7)生产工具及家具购置费应根据各工程项目内设备的价值或产量以百分比、以生产工人及工作人员的入数或以各车间或工段的设备一览表进行计算。

关于概(预)算的编制可参阅有关资料。

年产 3000T/y 合成氨厂工艺设备和安装工程概、预算书见有关资料。

复习思考题

1. 为什么要编制概(预)算书?
2. 概算和预算分别在何时编制? 两者有何不同?
3. 每个车间的概、预算包括哪些内容?
4. 工艺设备及安装工程费用包括哪些内容?
5. 如何编制工艺设备及安装工程的概(预)算书?

第十章 怎样作化工工艺设计

对于刚离开学校走上设计岗位或以往从事科研和生产而未参加过设计的人来说,对工艺计算也许比较熟悉,但对如何作化工工艺设计,设计内容、方法和程序,工艺专业与非工艺专业之间的条件关系、什么时候提什么设计条件,条件的内容等并不太清楚。虽然已经介入设计工作,由于刚参加设计,工作步骤不明确,基本上处于盲目和被动的状态。在这种状态下,难免设计工作混乱,无法保证设计质量。施工时,就会产生这样或那样的问题,甚至差错,给工程建设带来大的或巨大的经济损失。反之,懂得设计的内在规律,会作设计并能协调与非工艺专业的关系,不仅可以保证设计质量,施工顺利,而且可以使设计进度提前,缩短设计周期,节约投资。

随着社会主义市场经济的迅速发展,各种新的涉及到国民经济各部门以及与人们的吃穿用有密切关系的化工产品,有的已经投入市场,有的正在开发(见附录 10-1);大中小型化工企业的挖潜,改造及扩建;乡镇企业的发展等都需要作设计。设计人员有高度的责任心、掌握正确的设计方法,明确设计步骤,才能作出高质量符合客观实际的设计。

根据设计部门工艺专业的技术力量,工艺设计有的分工细,有的不分。国外化工设计部门,工艺专业分为工艺系统设计专业,管道设计专业、管道材料控制专业、装置布置专业及管道机械专业等。但是,国内较多的化工设计单位,如部属的、省属的及中小型厂矿设计室等,工艺专业分工不那么细。工艺设计包括流程设计,工艺计算,设备布置设计及管道安装设计,所有这些内容由工艺专业中一个或几个设计人员承担。只有设计的分工,没有专业的分工。

本章重点介绍国内大多数设计院(室)采用的分阶段工艺设计方法。现就有关内容分别介绍于后。

第一节 扩初设计工艺专业的工作内容及步骤

(1)领会上级意图,熟悉批准了的设计任务书中所规定的内容(见第二章),作好一切必要的设计准备工作。

(2)查阅化学工程手册及书籍或专著(走访设计、研究及生产部门搜集与工艺设计有关的参考图纸和资料,例如物料的物理化学数据、作物料衡算及热量衡算所必须的数据及工艺常数等。

(3)根据批准了的设计任务书中所采用的生产方法及其工艺路线,确定全厂工艺生产的总流程。

(4)根据工艺的总流程,作系统的物料衡算、热量衡算和主要设备的工艺计算,确定为实现该工艺过程所采用的设备的规格、型号、数量及其主要尺寸。

(5)讨论并比较工艺流程及车间布置方案,绘制工艺方案流程图及车间布置图。

(6)在有关专业(如建筑、自控及设备)和有关人员(如校核、审核人员)参加下,并征求建设单位的意见,讨论并确定工艺流程图。设计工艺流程时,力求生产技术先进,设备效率高、产

质量好、经济效益显著。

(7)在有关专业(如总图运输、土建、设备、自控、水、电、采暖通风等)和有关人员(如校核、审核)参加下,讨论并确定设备布置方案。在研讨设备布置时,应注意下列几点:①要符合工艺要求(见第六章第一节);在满足工艺要求的前提下,设备的平面位置、高低位置及其布置应尽可能紧凑,以便使厂房(包括钢平台和钢筋混凝土平台等)面积最小,楼层最少、配管最短、降低工程造价。②安全生产:设备布置时,应严格按照有关规范设计。要考虑采光、通风、操作环境的污染、防腐、防火、防爆等,并留有消防和操作人员撤离现场的通道。工艺设计应考虑的安全事项见附录10-2。③操作方便:对于那些需要经常操作或巡回检查的设备,其位置应以操作人员行走路线最短和便于操作为原则。对于泵及其他传动设备,布置时,一方面操作要方便,另一方面力求操作费用最低。④便于安装和维修:对于维修管道、更换内件、更换催化剂或填料和内部清洗的设备,应有足够的作业面。对于大型和高塔设备的起吊和就位,一方面要考虑吊装方式,要有适当的施工通道;另一方面要有一定的空间放置起吊设备。⑤要留有扩建余地:设备布置时既要考虑当前车间、设备、控制室、管道及生活室等的位置,又要符合将来扩建的需要(如扩建方位及面积等)。为了不增加一期工程的投资,应在总图上将扩建的位置留出。⑥建筑物、构筑物 and 成组布置的设备应当形成均衡、对称及整齐的布局。

(8)参加讨论并确定总图方案。

(9)根据确定了工艺流程方案和车间布置方案,估算本专业的工作量。根据工程总进度,与非工艺专业签订条件往返时间表(即设计协作表),避免互相影响,拖延设计进度。

(10)工艺专业分别向总图运输、土建、设备、自控、水、电及供气等专业提设计条件,其内容见本章第三节。

(11)工艺专业接受上述各专业返回的条件,并在有关专业和有关人员参加的会议上,最后讨论并确定设备布置图及带控制点的工艺流程图。

(12)工艺专业向非工艺专业提出正式的设备布置条件。

(13)工艺专业完成本专业的设计编制工作(包括编写扩大初步设计说明书)。

(14)根据概算指标,编制工艺专业的概算。

(15)图纸汇签、描图、描校、校核、审核并分别签字后入库。

第二节 施工图设计工艺专业的工作内容及步骤

(1)根据上级对扩大初步设计审批的意见及内容,复核全厂和车间的物料及热量衡算,提出全厂和车间的工艺流程修正方案。

(2)在复核的物料及热量衡算的基础上,作设备的工艺计算并向设备专业提出设计条件,与自控专业配合,修订带控制点工艺流程图并向自控专业提出设计条件。

(3)工艺专业接受设备专业返回的设备条件。

(4)在各专业及有关人员(校核、审核)参加的会议上,讨论并确定设备布置方案。

(5)估计本专业的设计工作量并与非工艺专业签订设计协作表。

(6)工艺专业向总图运输等七个专业提出第一次条件(即能使其他专业开展设计工作的条

件)。

(7) 工艺专业根据土建专业返回的条件,完成设备布置图并绘制管路布置图。

(8) 随着设计工作的深入,工艺专业向土建等七个专业提出第二次条件(除土建专业外,能使其他专业的设计工作继续深入直至全部完成的条件)。

(9) 工艺专业完成配管图和管道支架图后,仅向土建专业提出第三次设计条件(预留孔、预埋件等),并同时提出外管条件。

(10) 工艺专业编制管道材料一览表及综合材料汇总表并完成全部工艺施工图,其成品见本章第五节。

(11) 图纸经各有关专业汇签、描图、描校、校核、审核并分别签字后入库。

第三节 工艺专业向非工艺专业提设计条件的内容

化工工艺设计人员不可能全部完成车间的设计工作,必须依靠其他专业设计人员的配合。也就是说,任何化工生产车间除了工艺设备及工艺管道外,还有厂房,设备基础、上水管道、下水及排污管道、采暖、通风及排风设施、电动机、灯光照明、仪表及电话等、因此,在设计过程中,工艺设计人员除起主导作用外,还应为其他专业设计积极创造条件,考虑他们的需要并提供方便,使整个设计工作顺利地进行。有时,工艺专业还要根据其他专业所提供的设计资料和图样,最后修改并完善化工工艺设计图纸。

本节将分别介绍工艺专业向非工艺专业设计人员提供设计条件的内容。

一、土建专业

(1) 结合工艺流程图简要叙述车间或工段的工艺流程。

(2) 结合设备布置图简要说明设备在厂房内的布置情况,如厂房的高度、层数、跨度、地面或楼面的材料、坡度、负荷、门窗的位置及其他要求等。

(3) 提出设备一览表,包括设备位号、设备名称、规格、重量(设备重量、操作物料重量、保温及填料的重量等),装卸方法及支承形式等。

(4) 提出车间人员表(如人员总数,每班最多人数、男女工比例等)。

(5) 说明劳动保护情况(如防火等级、卫生等级、有毒气体的最高允许浓度、爆炸介质的爆炸范围及其他特殊要求等)。

(6) 提出安装要求(如设备安装的方法,大型设备进入厂房需要预留安装门、多层厂房需要设备吊装孔以使起吊设备至高层安装,每层楼面(或地面)应考虑安装负荷等)。

二、给排水、采暖通风专业

1. 给排水

给水包括生产用水、生活消防用水及化验室用水;排水是指生产下水及生活粪便下水。现将其条件内容分述如下:

(1) 生产用水:①提出设备布置图并标明用水设备名称;②最大和平均用水量;③水温;④水质(硬度、混浊度等);⑤水压;⑥连续用水或间断用水;⑦上水进口标高及位置(标在设备布

置图上)。

(2)生活消防用水:①工艺设备布置图并标明厕所、淋浴室、洗涤间位置;②工作室温;③总人数和每班最多人数;④生产特性;⑤根据生产特性提出消防要求,如采用何种灭火剂等。

(3)化验室用水:①化验室位置;②水量。

(4)生产下水:①工艺设备布置图并标明排水设备名称;②水量,水管直径;③水温;④成份;⑤余压;⑥连续或间断排水;⑦排水口标高及位置(标在设备布置图上)。

(5)生活粪便下水:

①工艺设备布置图并标明厕所,淋浴室,洗涤间位置;②总人数,使用淋浴总人数,每班最多人数,每班使用淋浴最多人数;③排水情况。

2. 采暖

有些化工生产车间需要采暖的,应提出采暖条件,其具体内容如下:

(1)工艺设备布置图并标明采暖区域;

(2)采暖区域的面积和体积;

(3)全面采暖或局部采暖;

(4)要求采暖温度,可能采用的载热体及其参数;

(5)生产特性。

3. 通风排风

有些化工生产车间产生污染介质或有害气体,必须采取通风排风措施,其条件内容为:

(1)提出设备布置图并标明通风,排风区域;

(2)通风排风区域的面积和体积;

(3)全面通风、排风或局部通风、排风;

(4)采用何种通风排风、方式,自然通风、排风或机械通风、排风;

(5)要求每小时通风、排风次数;

(6)要求通风的温度;

(7)如需空气调节时,应提出车间要求的空气参数和洁净度;

(8)生产特性如何,包括有害物质的性质、数量和发生地点、生产工人操作地带等。

三、电气专业

电气工程包括电动、照明、避雷、弱电、变电、配电,与每个化工生产车间都有密切关系。由于变电、配电是属于电气工程本身的业务范围,此处不作介绍,现将其他方面分述于后。

1. 电动条件

(1)提出设备布置图,并标明电动设备位置;

(2)生产特性;

(3)负荷等级;

(4)安装环境;

(5)电动设备型号、功率、转数;

(6)电动设备台数、备品数;

(7)运转情况;

(8)开关位置并表示在布置图上;

- (9)特殊要求如连锁、切断；
- (10)其他用电，如化验室，机修车间用电等。

2. 照明、避雷条件

- (1)提出设备布置图，并标明灯具位置；
- (2)防爆等级；
- (3)避雷等级；
- (4)照明地区面积和体积；
- (5)照度；
- (6)特殊要求，如事故照明、检修照明、接地等。

为防止静电感应，所有有爆炸危险的工艺设备及管道均需接地。照明应从室外进行，即通过窗孔、墙壁上特开的壁龛或屋顶天窗上的玻璃进行照明。

3. 弱电条件

- (1)提出设备布置图，并标明弱电设备位置；
- (2)火警信号；
- (3)警卫信号；
- (4)行政电话；
- (5)调度电话；
- (6)扬声器。

四、自控专业

自动控制工程与化工生产车间的关系十分密切，其条件内容如下：

- (1)提供工艺生产流程图，标明控制点并说明控制参数、控制方式、介质特性、测量方式及管径等；
- (2)压力、温度、流量及液位条件见表 10-1；
- (3)提出设备布置图并标明控制室位置及面积；
- (4)提出信号要求，并在设备布置图上标明安装地点。

表 10-1 压力、温度、流量、液面条件表

位 号	用 途	仪 表 名 称	数 量	安 装 地 点	技术数据				
					化学成份 及比重	最大值		流量或液面	
						温度 (℃)	压力 (表压)	最大	正常 最小

五、设备专业

- (1)工艺参数：工作压力、温度、粘度、比重以及介质的其他特性；
- (2)操作情况：间歇的或连续的；
- (3)设备外形尺寸、材质；
- (4)设备容积、操作容积、传热面积、保温材料及厚度；

- (5)开孔及接口管尺寸规格用途、连接形式、法兰标准、接管系统压力;
- (6)设备制成形式,并附设备简图。

六、供气专业

- (1)提出设备布置图并标明用气设备位置;
- (2)间歇用气或连续用气;
- (3)最大、最小及平均用气量;
- (4)气压;
- (5)在厂区平面布置图上标明化验室及生活用气位置及气量。

七、总图运输专业

- (1)工厂组成;
- (2)全厂工艺生产流程图;
- (3)年运输量及运输工具;
- (4)车间布置情况、车间人数、车间特性和分期建设要求;
- (5)本厂与其他厂的协作关系;
- (6)三废治理及环境污染情况等,见附录 10-3。

由此可见,工艺专业向其他专业提设计条件是工艺设计的一个重要方面,工作量很大。为了协调设计工作,尽量避免返工,提条件时必须考虑周到。根据工艺设计的进展,在不同设计阶段,提设计条件的内容和深度是不同的。在施工图设计阶段总的原则是,非工艺专业接受工艺专业的条件后,能全面开展设计工作,并随着设计的深入,不再产生较多的工作量,直至非工艺专业的设计工作结束。目前大多数设计院(室)的作法是:先提第一次条件(即能使其他专业开展设计工作的条件),后提第二次条件(能使其他专业的设计工作继续深入直至全部完成的条件)。个别专业(如土建专业)还需提第三次条件(例如小于 300mm 的楼面预留孔,小于 400mm 的墙面预留孔及管道支架的预埋件等)。实际上,第三次条件是第二次条件的补充。

第四节 工艺专业与非工艺专业之间的条件往返程序

在设计过程中,特别是在施工图设计阶段,工艺专业与非工艺专业间的条件往返频繁,关系密切。根据工艺专业的设计工作量并结合工程总进度,工艺与非工艺专业签订了条件往返时间表(即设计协作表)。只有严格实行设计协作表,才能保证设计进度;也只有与非工艺专业相互配合,共同切磋,才能保证设计质量。现将工艺专业与非工艺专业条件往返程序介绍如下。

一、工艺与设备专业

工艺与设备专业关系密切,要实现工艺过程靠设备。工艺经过物料衡算、能量衡算及设备的工艺计算和选择设备后,可以确定设备外形尺寸,设备形式、管口方位、工艺参数等,向设备专业提一次条件。设备专业接受条件后,完成设备设计总图,然后向工艺专业返回一次条件。工艺向设备专业提二次条件,设备专业继续完成设备总装图及非标准零部件图,再向工艺返回第二次条件。至此,工艺与设备之间的条件往返全部结束。

二、工艺与自控专业

工艺过程的先进程度,靠自动控制仪表显示。工艺与自控共同完成带控制点的工艺流程图并协商自控及分析点的位置。于是工艺专业向自控专业提出第一次条件,内容包括控制点名称、介质特性(如重度、温度、压力、粘度等)、测量方式(单点指示、切换指示、记录、遥控、调节、报警及联锁等)及仪表安装方式(控制室集中、就地集中、就地)等。自控专业接受工艺的一次条件后,对有关仪表进行计算和选择,并就工艺的一次条件内容与工艺协商(即返回一次条件)。工艺专业再向仪表专业提第二次条件,内容包括仪表的安装地点(水平或垂直安装),测量点的管道尺寸等。自控专业接受条件后,继续工作并就工艺的二次条件内容与工艺专业讨论,达到共识后,工艺与自控之间的条件往返结束。然后自控专业完成自己的施工图设计成品。

三、工艺与水、电、气专业

在设计过程中,随着设计的深入、工艺专业应向水电气专业提两次条件,现分述如下:

1. 工艺与给排水专业

工艺专业经过工艺计算后,应向给排水专业提出第一次条件,内容包括水量、水压(最大)、水温、水质(硬度、混浊度等)、连续用水或间断用水及排水情况(水压、水量、水质等)。给排水专业接受工艺专业提出的一次条件后,开始工作并就第一次条件内容与工艺讨论(即返回一次条件)。随着设计的深入,工艺向给排水专业提出第二次设计条件,内容包括供排水位置及标高等。给排水专业接受工艺的二次条件后,如果有问题,可以就此与工艺专业讨论;如果没有疑问,继续进行工作直至给排水专业设计结束。

2. 工艺与电气专业

工艺向电气专业提第一次条件,其内容包括生产特性、负荷等级、装机容量、用电设备名称、安装位置及用电设备台数(常用与备用)、功率、如需采用防爆电机应加以说明,并与电气专业共同确定进线方式(钢管进线或电缆进线)。当控制设备成套供应时,应提出详细资料。电气专业接受工艺的第一次条件后,开始工作并就有关问题与工艺讨论(返回一次条件)。接着工艺向电气专业提第二次条件,例如控制联锁要求(根据工艺生产过程要求,如电力设备需要联锁:集中控制、程序控制或与计量仪表相互联系等)。

3. 工艺与供气专业

工艺向供气专业提第一次设计条件,内容包括用气设备、名称、位置、用气量、气压及用气量大的设备名称及位置等。供气专业接受工艺专业的第一次条件后,开始工作并就有关问题与工艺讨论,取得一致看法后,继续工作直至供气专业设计结束。

四、工艺与土建

工艺向土建专业提第一次条件,内容包括对厂房的要求(如开间、跨度、层高等)、设备位置及重量、吊车吨位及标高,楼面负荷,楼面上设备基础、防火、防爆、防腐要求及人员情况,卫生情况,振动情况及是否扩建等。土建专业接受工艺的第一次条件后,开始绘制建筑图,同时向工艺返回一次条件。接着,工艺向土建提第二次条件,内容包括地沟及落地设备的基础条件等。土建专业接受第二次条件后,土建专业在建筑图的基础上完成模板图,同时土建专业向工艺返回第二次条件。然后,工艺向土建专业提第三次条件,内容包括楼面 300mm 以下,墙面 400mm 以

下预留孔及管道支架的预埋件,并在模板图的基础上完成土建厂房施工图。

五、工艺与总图运输专业(简称总图)

工艺向总图提第一次条件,然后返一次条件。内容包括厂区布置,建筑物构筑物位置(尤其是与生产有关的厂房布置)、产品特性,特殊要求(防火、防爆、有毒等),原料、半成品、成品的出入口及数量,辅助车间及管道走向,污水处理及排水位置,厂区道路等。

此外,在设计过程中,自控与设备;土建与总图;水电气与总图、自控、土建;设备与土建等互相也有条件往返关系,在此就不一一叙述了。

第五节 工艺专业与非工艺专业设计的成品

经过设计组织、计划与分工,由于工艺专业与非工艺专业密切合作,完成了整个工程设计(车间或厂)任务。现就扩大初步设计阶段和施工图设计阶段各专业的的设计成品简介于后:

一、工艺专业

扩大初步设计阶段的设计成品有:

- (1)扩大初步设计说明书;
- (2)工艺设备一览表;
- (3)工艺方案流程图;
- (4)设备布置图;
- (5)概算。

施工图设计阶段的设计成品有:

- (1)带控制点的工艺流程图;
- (2)工艺设备一览表;
- (3)设备布置图(包括设备平、立面布置图);
- (4)管道安装图(配管图);
- (5)管架图;
- (6)管件图;
- (7)设备管口方位图;
- (8)油漆、保温一览表;
- (9)工艺施工说明书;
- (10)预算。

二、土建专业

扩大初步设计阶段的设计成品有:

- (1)扩大初步设计说明书;
- (2)建筑平、立面及剖面图;
- (3)概算;

施工图设计阶段的设计成品有:

- (1)施工说明书;
- (2)厂房建筑的平、立面及剖面图;
- (3)楼梯大样图,结构图;
- (4)预埋件图;
- (5)钢筋混凝土梁、楼板、柱图;
- (6)基础图;
- (7)框架图;
- (8)预算;

三、给排水专业

扩大初步设计阶段的设计成品有:

- (1)扩大初步设计说明书;
- (2)设备一览表;
- (3)全厂给排水平面布置图;
- (4)水平衡图;
- (5)概算。

施工图设计阶段的设计成品有:

- (1)图纸目录;
- (2)设备表;
- (3)材料表;
- (4)计算数据表;
- (5)总平面布置图(包括给排水、循环水、净水构筑物);
- (6)给水(循环水)管网图;
- (7)排水纵、横剖面图;
- (8)水工艺构筑物单体图;
- (9)标准图(设备安装图);
- (10)预算。

四、电气专业

扩大初步设计阶段的设计成品有:

- (1)设备一览表;
- (2)高压供电系统图;
- (3)变电所平面布置图;
- (4)厂区外线图;
- (5)说明书;
- (6)概算。

施工图设计阶段的设计成品有:

- (1)图纸目录;
- (2)设备材料表;

- (3)动力供电系统图；
- (4)控制原理图；
- (5)联锁原理图；
- (6)动力配线图；
- (7)动力平面图；
- (8)端子接线图；
- (9)照明系统图；
- (10)照明平面图；
- (11)厂区外线道路照明图；
- (12)防雷、接地平面图；
- (13)大样图；
- (14)标准图；
- (15)说明书；
- (16)预算。

五、供气专业

扩大初步设计阶段的设计成品有：

- (1)说明书；
- (2)设备一览表；
- (3)概算。

施工图设计阶段的设计成品有：

- (1)设备一览表；
- (2)厂区外管图；
- (3)管道支架图；
- (4)综合材料汇总表；
- (5)锅炉房平面图；
- (6)设计说明书；
- (7)预算。

六、设备专业

扩大初步设计阶段的设计成品有：

- (1)非标设备图(包括技术要求、管口表、技术特性表、材料明细表等)。
- (2)设备表；
- (3)概算。

施工图设计阶段的设计成品有：

- (1)非标设备总装图(包括技术要求、管口表、管口方位、技术特性表、材料明细表)；
- (2)非标零部件图；
- (3)图纸目录；
- (4)设备一览表；

(5)预算。

七、自控专业

扩大初步设计阶段的设计成品有：

- (1)说明书；
- (2)设备一览表；
- (3)仪表盘正面布置图；
- (4)控制室平面布置图；
- (5)概算。

施工图设计阶段的设计成品有：

- (1)图纸目录；
- (2)说明书；
- (3)设备汇总表；
- (4)设备表；
- (5)材料表；
- (6)计算数据表；
- (7)管件(加工件)明细表；
- (8)信号联锁原理图；
- (9)仪表盘正面布置图；
- (10)背面端子接线图；
- (11)电线、管缆外部连接系统图；
- (12)电线、管缆平面敷设图；
- (13)仪表供电系统图；
- (14)非标设备加工图；
- (15)标准图(设备安装图)；
- (16)预算。

八、总图运输专业(见附录 10-4、10-5)

扩大初步设计阶段的设计成品有：

- (1)设计说明书；
- (2)厂区位置图(1/2000~1/5000)；
- (3)总平面布置图(1/500,1/1000,1/2000)；
- (4)概算。

施工图设计阶段的设计成品有：

- (1)图纸目录；
- (2)设计说明书；
- (3)总平面布置图(1/500~1/1000)；
- (4)管线综合平面图(管线复杂时才出图)；
- (5)道路设计图(地形比较复杂时才出图，一般只作道路剖面，画在总平面布置图上。厂外

专用铁路,道路须另出整套施工图);

(6)有关详图(如围墙、围墙大门等)。

(7)预算。

复习思考题

(1)简述扩大初步设计阶段和施工图设计阶段,工艺专业设计工作内容及步骤。

(2)工艺专业向非工艺专业提设计条件应包括哪些内容?

(3)简述工艺专业与非工艺专业间的条件往返程序举例说明。

(4)扩大初步设计及施工图设计阶段,工艺专业的设计成品分别有哪些?

设计习题

一、设计一套由丙烯与合成气(CO 与 H_2 的混合气)生产40000吨/年2-乙基己醇的装置,年操作时间为300天。

1. 工艺过程

工艺过程的第一步是加氢甲酰化(OXO)反应,主要产物为正丁醛。反应器进料为合成气与丙烯(其摩尔比为2:1)及异丁醛裂解的循环物料。反应器在 130°C 和350bar(压强单位)的条件下操作,催化剂为溶液中的羟基钴。反应的主要产物为正丁醛和异丁醛,其比例为4:1,正丁醛最终转化为2-乙基己醇。此外,3%的丙烯转化为丙烷。

但是,在反应器内,有6%的正丁醛还原为正丁醇,4%的异丁醛还原为异丁醇。在反应器出口,由于其他一些反应,约产生1%(重量)的丁醛与丁醇混合物的重组分。

反应器后有一台气液分离器,操作压力为30bar,分出的液相用蒸气加热分解催化剂,经过滤器回收钴。接着在一台常压操作的气液分离器中生成液相(其中含乙醛、醇重组份和水,不含丙烷、丙烯、一氧化碳和氢)。

将此混合物送入第一蒸馏塔,塔顶产物为混合丁醛,再经第二塔将醛的混合物分为含异丁醛1.3%(摩尔)及正丁醛1.2%(摩尔)。在裂解器中,异丁醛与蒸气通过催化剂,在单程收率为80%时,转化为丙烯、一氧化碳和氢。从裂解气中分离出的水和未反应的异丁醛后,去加氢甲酰化反应器。异丁醛再去裂解器,裂解器的操作条件为 275°C 和1bar。

正丁醛用2%(重量)氢氧化钠溶液处理,进行2-羟基丁醛的缩合过程(其转化率为90%),反应产物为2-乙基己醛。将产物分出后,在Raney镍催化剂的作用下,加氢还原为2-乙基己醇(其转化率为99%)。之后,回收99.8%的2-乙基己醇,得到纯度为99%(重量)的产品。

2. 已知条件

(1)进料规格

①丙烯:93%丙烯,其余为丙烷。

②合成气:由重燃料油制成,除去硫化物及二氧化碳后,成分为:

H_2 18.6%, CO 19.5%, CH_4 0.4%, N_2 1.5%。

(2)公用工程

①35bar 的干饱和蒸气;

②20℃的冷却水;

③2%(重量)的氢氧化钠溶液。

3. 设计范围

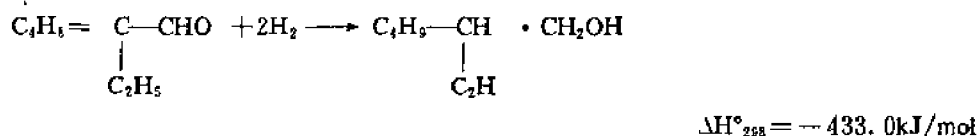
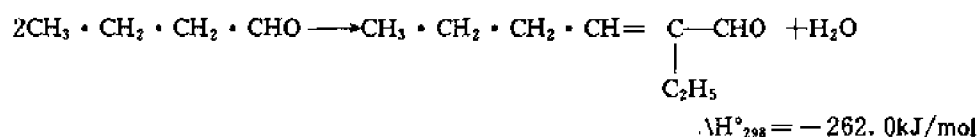
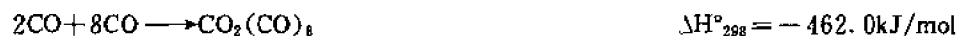
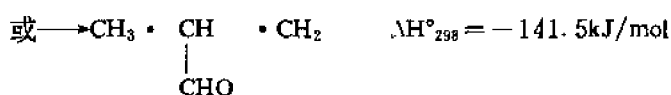
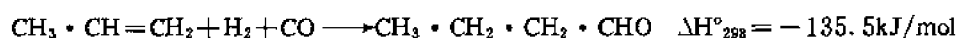
(1)编制整个工艺过程的物料平衡。

(2)编制工艺方案流程图。

(3)编制加氢甲酰化反应器和异丁醛裂解反应器的能量平衡。

4. 数据

(1)反应



(2)1bar 时的沸点

丙烯	-47.7℃
丙烷	-42.1℃
正丁醛	75.5℃
异丁醛	64.5℃
正丁醇	117.0℃
异丁醇	108.0℃
2-乙基己醇	184.7℃

(3)在第一气-液分离器中,30bar 压力下气体在液相中的溶解度:

H ₂	$0.08 \times 10^{-3} \text{ kg/kg 液体}$
CO	$0.53 \times 10^{-3} \text{ kg/kg 液体}$
丙烯	$7.5 \times 10^{-3} \text{ kg/kg 液体}$
丙烷	$7.5 \times 10^{-3} \text{ kg/kg 液体}$

(4)1atm 下丁醛的气-液平衡数据

$T/^{\circ}\text{C}$	x	y	$T/^{\circ}\text{C}$	x	y
73.94	0.1	0.138	68.08	0.6	0.686
72.69	0.2	0.264	67.37	0.7	0.773
71.40	0.3	0.381	65.95	0.8	0.846
70.24	0.4	0.490	64.95	0.9	0.927
69.04	0.5	0.589			

表中 x 和 y 为易挥发组分(异丁醛)分别在液相和气相中的摩尔分数。

二、采用苯直接氯化法,设计一套年产 20,000t 一氯苯的装置,并且联产二氯苯不超过 2000t。年操作时间为 300 天。

1. 工艺过程

将液体苯[含水量必须低于 30ppm(重量)]加入由两个串联的连续搅拌槽组成的反应器系统,操作压力为 2.4bar。氯气并联送入两台反应槽,用氯化铁作催化剂(氯化氢和软钢就地反应而得)。反应器需要冷却,维持操作温度为 328K。离开反应器的氯化氢先经冷却,冷凝液大部分为有机物。接着用活性炭吸附器除去剩下的微量杂质后,送至用户。

从第二反应器出来的粗氯苯液体用水和烧碱溶液洗涤,除去全部溶解的氯化氢。产品回收系统为两个串联的蒸馏塔。未反应的苯在第一塔(苯塔)塔顶回收,循环使用。在第二塔(氯苯塔)中分离一氯苯和二氯苯。将第一塔回收的苯与原料苯混合后,进入一个干燥蒸馏塔,水从塔顶蒸出。从干燥蒸馏塔底出来的苯加入反应系统。

2. 已知条件

(1)进料规格。①氯:293K,1 大气压,100%纯度;②苯:293K,1 大气压,99.95%(重量)苯,0.05%(重量)水。

(2)产品规格。①一氯苯:99.7%(重量);②二氯苯:99.6%(重量);③氯化氢气:含苯小于 250ppm(重量)。

(3)公用工程。①蒸气:8bar 和 28bar 的干饱和蒸气;②冷却水:293K;③工艺物料:293K;④烧碱溶液:5%(重量)NaOH,293K;

3. 设计范围

(1)编制工艺过程的物料衡算;

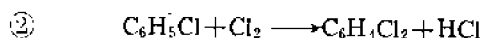
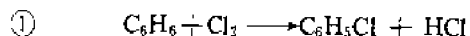
(2)编制第一反应器和氯苯塔的能量衡算(取此塔的回流比为最小回流比的两倍);

(3)绘制工艺方案流程图;

(4)作氯苯蒸馏塔(筛板塔)的工艺计算。

4. 数据

(1)反应



二氯苯可以假设全部由对位异构体组成,三氯苯的生成可以忽略不计。

当溶解的氯基本保持恒定时,反应速率方程式可以写成下式:

$$r_B = -k_1 x_B$$

$$r_M = k_1 x_B - k_2 x_M$$

$$r_D = k_2 x_M$$

式中 r 为反应速率；

k_1 为反应①在 328K 时的反应速度常数 $= 1.00 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$ ；

k_2 为反应②在 328K 时的反应速度常数 $= 0.15 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$ ；

x 为摩尔分率；

下标 B、M 和 D 分别代表苯、一氯苯和二氯苯。

反应系统的收率应按两个反应器中液体停留时间相同来计算，气相产物中未反应的氯量忽略不计。假设液相产物中含 1.5% (重量) 氯化氢。

(2) 溶解度

温度(K)	293	303	313	323
$\text{gH}_2\text{O}/100\text{C}_6\text{H}_6$	0.050	0.072	0.102	0.141
$\text{gC}_6\text{H}_6/100\text{gH}_2\text{O}$	0.175	0.190	0.206	0.225

(3) 热力学和物理性质

	C_6H_6 液体	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ 气体	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ 液体	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ 气体	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ 液体	$\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3$ 气体
298K 时的生成热 (kJ/kmol)	49.0	82.9	7.5	46.1	-42.0	5.0
比热 kJ/kmol K)						
298K	136	82	152	92		103
350K	148	99	161	108	193	118
400K	163	113	170	121	238	131
450K	179	126	181	134	296	143
500K	200	137	192	145	366	155
密度 (kg/m ³)						
298K	872		1100			
350K	815		1040		1230	
400K	761		989		1170	
450K	693		932		1100	
500K	612		875		1020	
粘度 (Ns/m ²)						
298K	0.598×10^{-3}		0.750×10^{-3}			
350K	0.326×10^{-3}		0.435×10^{-3}		0.697×10^{-3}	
400K	0.207×10^{-3}		0.305×10^{-3}		0.476×10^{-3}	
450K	0.134×10^{-3}		0.228×10^{-3}		0.335×10^{-3}	
500K	0.095×10^{-3}		0.158×10^{-3}		0.236×10^{-3}	
表面张力 (N/m)						
298K	0.0280		0.0314			
350K	0.0220		0.0276		0.0304	
400K	0.0162		0.0232		0.0259	
450K	0.0104		0.0177		0.0205	
500K	0.0047		0.0115		0.0142	

三、设计一套日产 56 万标准立方米氢气的装置,氢气纯度至少为 95%。工艺过程采用原料油部分氧化法。

1. 原料

(1)原料重油在 100°F 时的粘度为 $2.57 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$,分析数据如下:

碳	85%(重量)
氢	11%(重量)
硫	4%(重量)
热值	18,410Btu/lb(42.9MJ/kg)
比重	0.9435

重油从贮槽用泵送来,压力为 30Psig(206.9kN/m²),温度为 50℃。

(2)氧气纯度为 95%(其他成分假设全为氮),温度为 20℃,压力为 600Psig(4140kN/m²)。

2. 公用工程

(1)600Psig(4140kN/m²)压力的饱和蒸气。

(2)冷却水在夏季最高温度为 25℃。

(3)20Psig(138kN/m²)和 15℃的脱盐水可以直接加入锅炉。

(4)邻近的工艺装置供应低压废蒸气。

开工时间为每年 300 天。

3. 产品规格

氢气中的杂质极限值如下:

CO	最大 1%(体积)(干基)
CO ₂	最大 1%(体积)(干基)
N ₂	最大 2%(体积)(干基)
CH ₄	最大 1%(体积)(干基)
H ₂ S	小于 1ppm

气体送出时最高温度为 35℃,压力不小于 300Psig(2060kN/m²)。气体送出时是饱和的,即不需干燥装置。

4. 工艺过程

将原料重油送入计量式柱塞泵,此泵将油送至蒸气预热器再送入衬有耐火砖的火焰反应器。原料油必须在预热器中加热至 200℃,确保燃烧室中雾化良好。氧气和蒸气的混合物也进入燃烧室,氧气与蒸气混合之前在另一个蒸气预热器中先加热至 210℃。

含有少量碳粒的粗制气在 1300℃左右离开反应器,立即通过一台特殊的废热锅炉,产生 600Psig(4140kN/m²)的蒸气。粗制气在 250℃时离开废热锅炉,进一步用水骤冷至 50℃,水的作用也可使碳粒成悬浮液而被除去。经骤冷的气体分析如下:

H ₂	47.6%(体积)(干基)
CO	42.1%(体积)(干基)
CO ₂	8.3%(体积)(干基)
CH ₄	0.1%(体积)(干基)
H ₂ S	0.5%(体积)(干基)

N ₂	1.40%(体积)(干基)
	100.0%(体积)(干基)

主要燃烧反应的蒸气和氧气以下列比率加入反应器:

蒸气	每千克原料重油为 0.75kg
氧气	每千克原料重油为 1.16kg

燃烧反应中产生的碳占原料油进料量的 1.5%,最后用水洗涤除去。粗制气中有一些 H₂S 也被骤冷水洗去。

骤冷后的气体经 H₂S 脱除工序,可以假设经过选择性的洗涤,H₂S 的最降至 15ppm,CO₂ 基本上没有除去。用另一工艺装置来的废低压蒸气将本工艺过程中的溶液再生。洗涤后的气体为 35℃,并饱和了水分,此后必须进行 CO 的变换,最后脱 H₂S 及 CO₂,使之符合产品规格。

CO 在铬铁氧化物的催化剂上进行。两级催化变换。此装置还有一台饱和热水器。

将气体引入饱和器(填料塔),与从热水器底部用泵送来的热水接触。此过程用来预热气体,同时也在此加入一部分水蒸气。气体经过两台串联的换热器。在第一台换热器中,未变换的气体被从第二段催化变换来的变换气加热;在第二台换热器中,未变换的气体进一步被从第一段催化变换来的变换气加热。气体、蒸气混合物在 370℃ 的温度下进入催化反应器。催化反应器的壳体内有一隔板,将催化剂隔为两个床层,组成两段变换。从每段出来的变换气经过前述的换热器,再进入热水器,它也是一个填料塔。在此塔内,变换气与从饱和器底部用泵送来的热水逆向接触。气体的温度下降,析出的水分被循环的热水带走。然后,变换气在空气冷却器中降温至 40℃,送至脱硫工段。

脱 H₂S 的过程是在四个立式容器内进行的。每个设备约高 60ft(18.3m),直径 8ft(2.4m),内装 5 层氧化铁吸收剂。在每个设备都有密闭盖。通过这几台设备的总压降为 5Psig(35kN/m²)。离开此工序的气体含 H₂S 少于 1ppm,再在 35℃ 的温度下脱 CO₂。

脱 CO₂ 是用高压碳酸钾溶液洗涤,溶液需再生,重复使用。

5. 数据

(1)CO 变换工序的基础数据。

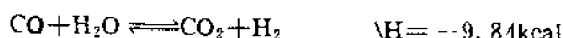
①空间速度:每段催化剂床层的空间速度可取每小时单位体积的催化剂通过 3500 体积的气体加蒸气(在标准状态下测得)。假设用这一空间速度,在整个温度范围内允许离平衡有 10℃ 的温度差。

②CO 变换反应的平衡数据:

$$K_p = \frac{p_{\text{CO}} \times p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{CO}_2} \times p_{\text{H}_2}}$$

温度(K)	K_p
600	3.69×10^{-2}
700	1.11×10^{-1}
800	2.48×10^{-1}

③反应热



(2)脱 CO₂ 所用的热碳酸钾溶液的浓度为 10%(重量)

6. 设计范围

(1) 计算并编制流程图, 图中需表示造气和净化全部工艺过程中各主要工序的气体流量、组成、压力和温度。

(2) 编制 CO 变换工序的物料平衡图。

(3) 编制燃烧反应器和废热锅炉的能量平衡图。

(4) 绘制包括全部设备的工艺流程图。设备不需按比例画, 但应给出每台设备的内部构造 (除燃烧反应器、废热锅炉和骤冷塔之外)。第一脱硫工序不必详细画出。

(5) 编制 CO 变换工序的设备一览表。

附 录

附录 1-1 在车间或车间处理设备排出口及工厂排出口的工业“废水”最高容许排放浓度

附表 1-1-1 工业“废水”最高容许排放浓度
(在车间或车间处理设备排出口)

序号	有害物质名称	最高容许排放浓度,mg/l
1	汞及其无机化合物	0.05(按 Hg 计)
2	镉及其无机化合物	0.1(按 Cd 计)
3	六价铬化合物	0.5(按 Cr ⁶⁺ 计)
4	砷及其无机化合物	0.5(按 As 计)
5	铅及其无机化合物	1.0(按 Pb 计)

附表 1-1-2 工业“废水”最高容许排放浓度
(在工厂的排出口)

序号	有害物质或项目名称	最高容许排放浓度 mg/l
1	悬浮物(水力排灰、洗煤水、水力冲渣、尾矿水)	500②
2	生化需氧量(5天 20℃)	60
3	化学耗氧量(重铬酸钾法)	100③
4	硫化物	1
5	挥发性酚	0.5
6	氰化物(以游离氰根计)	0.5
7	有机磷	0.5
8	石油类	10
9	铜及其化合物	1(按 Cu 计)
10	锌及其化合物	5(按 Zn 计)
11	氟的无机化合物	10(按 F 计)
12	硝基苯类	5
13	苯胺类	3

注:①造纸、制革、脱脂棉<300mg/l。

②工业“废水”容许排放的 pH 值为 5~9。

③附表 1-1、1-2 均摘自《工业“三废”排放试行标准》(GBJ4-73)。

工业废水排入城镇排水管道,应取得当地城建部门的同意,并符合下列要求:

①水温不高于 40℃;

②不阻塞管道;

③不产生易燃、易爆和有毒气体;

④对病原体(如伤寒、痢疾、炭疽、结核和肝炎等)必须严格消毒灭除;

⑤不伤害养护工作人员;

⑥有害物质最高容许浓度,应符合现行的《工业“三废”排放试行标准》的规定。

附录 2-1 主要技术经济指标的内容

1. 规模。(1)产品;(2)副产品。
 2. 年工作日。
 3. 主要原料及燃料。
 4. 公用工程实用量:(1)水;(2)电;(3)蒸气;(4)冷冻量。
 5. 建筑面积及占地面积。
 6. 年运输量:(1)运入量;(2)运出量。
 7. 工厂定员:(1)生产人员;(2)非生产人员。
 8. 三废排出量:(1)废水;(2)废气;(3)废渣。
 9. 基建投资:(1)工程费用;(2)其他费用;(3)不可预见费用。
 10. 流动资金。
 11. 资金来源:(1)国内贷款;(2)国外贷款;(3)自筹资金。
 12. 总产值。
 13. 年总成本:(1)固定成本;(2)可变成本。
 14. 利润:(1)年净利润;(2)企业留利润。
 15. 税金:(1)产品税金;(2)城市建设维护税;
 16. 技术经济指标:(1)人年劳动生产率;(2)投资回收期(静态),投资回收期(动态);
(3)投资收益率(静态),内部收益率(动态);(4)净现值;(5)净现值指数。
- 具体内容 16 见化工工艺设计手册(上册)第二章。

附录 2-2 关于车间空气中有害物质的规定

附表 2-2-1 车间空气中有害物质的最高容许浓度

编 号	物 质 名 称	最高容许浓度 mg/m ³
	(一)有毒物质	
1	一氧化碳*	30
2	二甲胺	5
3	乙 醚	500
4	乙 腈	3
5	二甲胺	10
6	二甲苯	100
7	二甲基甲酰胺(皮)	10
8	二甲基二氯硅烷	2
9	二氯化硫	15
10	二氧化硒	0.1
11	二氯丙醇(皮)	5
12	二硫化碳(皮)	10
13	二异氰酸甲苯酯	0.2
14	丁 烯	100

续附表 2-2-1

编 号	物 质 名 称	最高容许浓度 mg/m ³
15	丁二烯	100
16	丁 醛	10
17	三乙基氯化锡(皮)	0.01
18	三氧化二砷及五氧化二砷	0.3
19	三氧化铬、铬酸盐、重铬酸盐(换算成 CrO ₃)	0.05
20	三氯氢硅	3
21	己内酰胺	10
22	五氧化二磷	1
23	五氟酚及其钠盐	0.3
24	六六六	0.1
25	丙体六六六	0.05
26	丙 酮	400
27	丙烯酸(皮)	2
28	丙烯醛	0.3
29	丙烯酸(皮)	2
30	甲 苯	100
31	甲 醛	3
32	光 气	0.5
	有机磷化合物:	
33	内吸磷(E659)(皮)	0.02
34	对硫磷(E605)(皮)	0.05
35	甲拌磷(3911)(皮)	0.01
36	马拉硫磷(4049)(皮)	2
37	甲基内吸磷(甲基 E659)(皮)	0.2
38	甲基对硫磷(甲基 E605)(皮)	0.1
39	乐戈(乐果)(皮)	1
40	敌百虫(皮)	1
41	敌敌畏(皮)	0.3
42	吡 啶	4
	汞及其化合物:	
43	金属汞	0.01
44	升 汞	0.1
45	有机汞化合物(皮)	0.005
46	松节油	300
47	环氧氯丙烷(皮)	1
48	环氧乙烷	5
49	环己酮	50
50	环己醇	50
51	环己烷	100
52	苯(皮)	40
53	苯及其同系物的一硝基化合物 (硝基苯及硝基甲苯等)(皮)	5
54	苯及其同系物的二及三硝基化合物 (三硝基苯、三硝基甲苯等)(皮)	1
55	苯的硝基及二硝基氯化物 (一硝基氯苯、二硝基氯苯等)(皮)	1
56	苯胺、甲苯胺、二甲苯胺(皮)	5

续附表 2-2-1

编 号	物 质 名 称	最高容许浓度 mg/m ³
57	苯乙烯	40
	钒及其化合物:	
58	五氧化二钒烟	0.1
59	五氧化二钒粉尘	0.5
60	钒铁合金	1
61	苛性碱(换算成 NaOH)	0.5
62	氟化氢及氟化物(换算成 F)	1
63	氨	30
64	臭 氧	0.3
65	氧化氮(换算成 NO ₂)	5
66	氧化锌	5
67	氧化镉	0.1
68	砷化氢	0.3
	铅及其化合物:	
69	铅 烟	0.03
70	铅 尘	0.05
71	四乙基铅(皮)	0.005
72	硫化铅	0.5
73	铍及其化合物	0.001
74	铊(可溶性化合物)	4
75	铊(不溶性化合物)	6
76	黄 磷	0.03
77	酚(皮)	5
78	苯烷、四氯化苯	130
79	氰化氢及氢氰酸盐(换算成 HCN)(皮)	0.3
80	联苯—联苯醚	7
81	碲化氢	10
82	硫酸及三氧化硫	2
83	铊及其化合物	5
84	锰及其化合物(换算成 MnO ₂)	0.2
85	氯	1
86	氯化氢及盐酸	15
87	氯 苯	50
88	氯苯及氯联苯(皮)	1
89	氯化苦	1
	氯化烃:	
90	二氯乙烷	25
91	三氯乙烷	30
92	四氯化碳(皮)	25
93	氯乙烯	30
94	氯丁二烯(皮)	2
95	溴甲烷(皮)	1
96	碘甲烷(皮)	1
97	溶剂汽油	350
98	滴滴涕	0.3
99	烷基镍	0.001
100	钨及碳化钨	6

续附表 2-2-1

编 号	物 质 名 称	最高容许浓度 mg/m^3
	酯酸酯:	
101	酯酸甲酯	100
102	酯酸乙酯	300
103	酯酸丙酯	300
104	酯酸丁酯	300
105	酯酸戊酯	100
	醇:	
106	甲醇	50
107	丙醇	200
108	丁醇	200
109	戊醇	100
110	糠醛	10
111	磷化氢	0.3
	(二)生产性粉尘	
1	含有 10% 以上游离二氧化硅的粉尘 (石英、石英岩等) * *	2
2	石棉粉尘及含有 10% 以上石棉的粉尘	2
3	含有 10% 以下游离二氧化硅的滑石粉尘	4
4	含有 10% 以下游离二氧化硅的水泥粉尘	6
5	含有 10% 以下游离二氧化硅的煤尘	10
6	铝、氧化铝、铝合金粉尘	4
7	玻璃棉和矿渣粉尘	5
8	烟草及茶叶粉尘	3
9	其他粉尘 * * *	10

注:① 表中最高容许浓度,是工人工作地点空气中有害物质所不应超过的数值。工作地点系指工人为观察和管理生产过程而经常或定时停留的地点,如生产操作在车间内许多不同地点进行,则整个车间均算为工作地点。

② 有(皮)标记者为除经呼吸道吸收外,尚易经皮肤吸收的有毒物质。

③ 工人在车间内停留的时间短暂、经采取措施仍不能达到上表规定的浓度时,可与省、市、自治区卫生主管部门协商解决。

* 一氧化碳的最高容许浓度在作业时间短暂时可予放宽:作业时间 1 小时以内,一氧化碳浓度可达到 $50\text{mg}/\text{m}^3$;半小时以内可达到 $100\text{mg}/\text{m}^3$;15~20 分钟可达到 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。在上述条件下反复作业时,两次作业之间须间隔 2 小时以上。

* * 含有 80% 以上游离二氧化硅的生产性粉尘,不宜超过 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

* * * 其他粉尘系指游离二氧化硅含量在 10% 以下,不含有毒物质的矿物性和动植物性粉尘。

④ 本表所列各项有毒物质的检验方法,应按现行《车间空气监测检验方法》执行。

⑤ 本表摘自《工业企业设计卫生标准》T(36—79)。

附 表 2-2-2 十三类有害物质的排放标准

序号	有害物质名称	排放有害物企业①	排 放 标 准		
			排气筒高度, m	排放量 Q , kg/h	排放浓度, mg/m^3
1	二氧化硫	电站	30	82	
			45	170	
			60	310	
			80	650	
			100	1200	
			120	1700	
			150	2400	

续附表 2-2-2

序号	有害物质名称	排放有害物企业①	排 放 标 准		
			排气筒高度, m	排放量②, kg/h	排放浓度, mg/m³
		冶金	30	52	
		化工	45	91	
			60	140	
			80	230	
			100	450	
			120	670	
			30	34	
			45	66	
			60	110	
			80	190	
			100	280	
2	二硫化碳	轻工	20	5.1	
			40	15	
			60	30	
			80	51	
			100	76	
			120	110	
3	硫化氢	化工、轻工	20	1.3	
			40	3.8	
			60	7.6	
			80	13	
			100	19	
			120	27	
4	氟化物 (换算成 F)	化工 冶金	30	1.8	
			50	4.1	
			120	24	
5	氮氧化物 (换算成 NO ₂)	化工	20	12	
			40	37	
			60	86	
			80	160	
			100	230	
6	氯	化工、冶金	20	2.8	
			30	5.1	
			50	12	
		冶金	80	27	
			100	41	
7	氯化氢	化工、冶金	20	1.4	
			30	2.5	
			50	5.9	
		冶金	80	14	
			100	20	
8	一氧化碳	化工、冶金	30	160	
			60	620	
			100	1700	
9	硫酸(雾)	化工	30~45		260
			60~80		600
10	铅	冶金	100		34
			120		47

续附表 2-2-2

序号	有害物质名称	排放有害物质企业 ^①	排 放 标 准		
			排气筒高度, m	排放量 ^② , kg/h	排放浓度, mg/m ³
11	汞	轻工	20		0.01
			30		0.02
12	砷化物(换算成 As)		45~80		0.015
13	烟尘及生产性粉尘 粉尘	电站(煤粉)	30	82	
			45	170	
			60	310	
			80	650	
			100	1200	
			120	1700	
			150	2400	
		工业及采暖锅炉			200
		炼钢电炉			200
		炼钢转炉			
		(小于 12t)			200
		(大于 12t)			150
		水泥			150
		生产性粉尘 ^③			
		(第一类)			100
		(第二类)			150

注:①表中未列入的企业,其有害物质的排放量可参照本表类似企业。

②表中所列数据按平原地区,大气为中性状态,点源连续排放制订。

间断排放者,若每天多次排放,其排放量按表中规定;若每天排放一次而又小于一小时,则二氧化硫、烟尘及生产性粉尘、二硫化碳、氟化物、氯、氯化氢、一氧化碳等七类物质的排放量可为表中规定量的三倍。

③系指局部通风除尘后所允许的排放浓度,第一类指含 10% 以上的游离二氧化硅或石棉的粉尘,玻璃棉和矿渣棉粉尘,铝化物粉尘等。

第二类指含 10% 以下的游离二氧化硅的煤尘及其他粉尘。

④本表摘自《工业“三废”排放标准》(GBJ4-73)。

附录 3-1 设计基础资料的收集提纲

一、气象

1. 气温:月、季平均、绝对最高、绝对最低温度,最热月的最高干球和湿球温度,采暖期天数(<5℃)及土壤冻结深度。
2. 湿度:平均、最大、最小相对湿度。
3. 降水:当地采用的雨量公式;历年和逐月的平均、最大、最小雨量;一昼夜、一小时、十分钟最大强度降雨量;一次暴雨持续时间及其最大雨量;初、终雪日期,积雪最大厚度。
4. 风:历年平均及最大风速;全年及夏季的风向和频率(风玫瑰图)。
5. 日照:全年晴天及阴天日数;逐月阴天的平均、最多、最少天数及雾天日数。
6. 气压:年平均、绝对最高、绝对最低气压,历年最热三个月平均气压的平均值。

二、地形资料

1. 区域地形图:比例尺 1:5,000~1:50,000,等高距 1~5m,范围包括厂址及厂外工程;

2. 厂址地形图:比例尺 1:500~1:2,000,等高距 0.5~1.0m 范围为厂址及其周围 100m 左右。

3. 厂外工程(铁路、公路、水源地、渣场及厂外管线等)的沿线带状地形图:比例尺 1:500~1:2,000 的范围为地带宽度 50m 左右;采用的测量坐标和标高系统:注意地形图,水位资料和铁路系统的坐标和标高系统是否一致及其换算关系。

三、工程地质

(1)厂区及附近地区的地质钻探报告,土壤的特性和允许的耐力;(2)当地对于工程地质现象(滑坡、岩溶等)的防治和处理手段;(3)水文地质资料浅表地下水初见水位及其对混凝土基础有否腐蚀性等;(4)地震基本烈度。

四、交通运输

1. 铁路:(1)接轨车站或专用线的位置,车站现有和规划的股道及其有效长度,以及机务设施等。(2)本厂接轨后引起车站的改扩建状况。(3)新建专用线能否利用车站调车和取、送货物。(4)接轨点的坐标和标高,专用线进入厂区的可能走向。(5)当地铁路局对新建专用线技术条件(限制纵坡及最小曲线半径等)的规定。(6)超限超重设备运输沿线桥涵和隧道条件。

2. 公路:(1)厂区邻近公路的等级和路面宽度;(2)公路连接点的坐标和标高;(3)适合当地采用的路面结构;(4)货物运输能否利用当地运输力量,当地的运输及装卸费率;(5)超限超重设备运输沿线桥涵和隧道条件。

3. 水路:(1)工厂附近通航河流、通航季节的航道宽度,水深变化情况,通行船只吨位;(2)当地采用船型(船只吨位、船长、宽度及吃水深度);(3)当地运输能力及运价;(4)建造码头的地点,前沿水域情况。

五、厂区及邻近地区情况

(1)所在城市或工业区规划情况;(2)相邻企业生产品种、规模及厂区的布置状况;(3)附近居民点位置、入口、户数和居住状况;(4)当地农田耕作状况;(5)厂区内现有设施(居民点、铁路、公路、架空线路、树木等)的使用状况、拆迁可能性以及费用等。

六、环境保护

(1)所在地区本底污染状况(大气、河流、土壤等);(2)邻近工厂生产中三废排放情况。

七、水源

1. 地面水:(1)历年逐月最高、最小及平均流量和含沙量;(2)最高、最低和经常水位,洪水位持续时间;(3)水质分析及水温资料;(4)上游城市和工业现有取水和排水地点的位置、数量以及排放水质、水温情况;(5)取水构筑物建造地点附近河岸、河床的变迁状况和河床断面。

2. 地下水:(1)附近现有深井的地质柱状图,井群剖面图,说明含水层位置、厚度和静动水位变化;(2)现有深井的涌水量和影响半径,不同含水层的水质和水温;(3)扬水试验的报告。

3. 自来水:(1)城市自来水管网连接点的位置、管径和水压;(2)自来水的水质分析和水温;(3)水价。

八、排洪和排水

(1)所在地区降雨强度公式;(2)厂区所在山区洪水汇水面积;(3)排洪渠道走向和排水地点;(4)河流最高洪水位淹没的实地调查和核实;(5)城市下水道采用分流或合流制,与城市下水道连接点的坐标、标高与管径。

九、供电与电讯

(1)区域变电站位置,现有或规划容量及允许供电容量;(2)供电电压及回路数;(3)输电线路敷设方式及距离;(4)最低功率因素、短路容量及继电器容许最大动作时间等技术要求;(5)电价;(6)附近电话、电报设施情况及装设电话的可能性;(7)电话线路敷设方式及距离。

附录 3-2 化工生产的火灾危险性分类及举例

附表 3-2-1 生产的火灾危险性分类

生产类别	火灾危险性的特征
甲	使用或产生下列物质: 1. 闪点 $<28^{\circ}\text{C}$ 的易燃液体 2. 爆炸下限 $<10\%$ 的可燃气体 3. 常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自然或爆炸的物质 4. 常温下受到水或空气中水蒸气的作用,能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 5. 遇酸、受热、撞击、摩擦以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物,极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 6. 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质 7. 在压力容器内本身温度超过自然点的物质
乙	使用或产生下列物质: 1. 闪点 $\geq 28^{\circ}\text{C}$ 至 $<60^{\circ}\text{C}$ 的易燃、可燃液体 2. 爆炸下限 $\geq 10\%$ 的可燃气体 3. 助燃气体和不属于甲类的氧化剂 4. 不属于甲类的化学易燃危险固体 5. 生产中排出浮游状态的可燃纤维或粉尘,并能与空气形成爆炸性混合物者
丙	使用或产生下列物质: 1. 闪点 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 的可燃液体 2. 可燃固体
丁	具有下列情况的生产: 1. 对非燃烧物质进行加工,并在高热或熔化状态下经常产生辐射热、火花或火焰的生产 2. 利用气体、液体、固体作为燃料或将气体、液体进行燃烧作其它用的各种生产 3. 常温下使用或加工难燃烧物质的生产
戊	常温下使用或加工非燃烧物质的生产

注:①在生产过程中,如使用或产生易燃、可燃物质的量较少,不足以构成爆炸或火灾危险时,可以按实际情况确定其火灾危险性的类别。

②一座厂房内或其防火墙间有不同性质的生产时,其分类应按火灾危险性较大的部分确定,但火灾危险性大的部分占本层面积的比例小于5%(丁、戊类生产厂房中的油漆工段小于10%),且发生事故时不足以蔓延到其它部位,或采取防火措施能防止火灾蔓延时,可按火灾危险性较小的部分确定。

附表 3-2-2 生产的火灾危险性分类举例

生产类别	举 例
甲	<p>1. 闪点$<28^{\circ}\text{C}$的油品和有机溶剂的提炼、回收或洗涤工段及其泵房、橡胶制品的涂胶和胶浆部位,二硫化碳工段及其应用部位,金霉素车间粗品及抽提工段,苯的氯化工段,农药厂乐果车间,磺化法糖精车间,氯乙醇工段,环氧乙烷、环氧丙烷工段,苯酚车间磺化、蒸馏工段,焦化厂吡啶工段,胶片厂片基车间,甲醇、乙醚、丙酮、异丙醇、醋酸乙酯、苯等的合成或精制工段</p> <p>2. 乙炔站,氯气站,石油气体分馏(或分离)车间,氯乙烯工段,乙烯聚合工段,天然气、水煤气或焦炉气的净化(如脱硫)工段及其鼓风机室,丁二烯及其聚合工段,醋酸乙烯工段,电解水或电解食盐工段,环己酮工段,乙基苯和苯乙烯车间</p> <p>3. 硝化棉工段及其应用部位,赛璐璐车间,磺磷制备工段及其应用部位,三乙基铝工段,染化厂某些能自行分解的重氮化合物生产工段,甲胺车间,丙烯腈车间</p> <p>4. 金属钠、钾加工车间及其应用部位,聚乙烯车间的一氯二乙基铝工段,三氯化磷工段,三氯氮硅工段,五氯化磷工段</p> <p>5. 氯酸钠,氯酸钾车间及其应用部位,过氧化氢工段,过氧化钠,过氧化钾工段,次氯酸钙工段</p> <p>6. 赤磷制备工段及其应用部位,硫化钾工段,五硫化二磷工段及其应用部位</p> <p>7. 石蜡裂解工段,冰醋酸裂解工段</p>
乙	<p>1. 闪点$\geq 28^{\circ}\text{C}$至$<60^{\circ}\text{C}$的油品和有机溶剂的提炼、回收、洗涤工段及其泵房,松节油或松香水蒸馏工段及其应用部位,醋酸酐精制工段,滴滴涕车间,己内酰胺工段,甲酚车间,氯丙醇工段,樟脑油提取工段,环氧氯丙烷工段,松针油精制工段,煤油灌桶间</p> <p>2. 一氧化碳压缩机室及净化工段,发生炉煤气或鼓风机煤气净化工段,氯压缩机房</p> <p>3. 氯气站,发烟硫酸或发烟硝酸浓缩工段,高锰酸钾工段,重铬酸钠(红矾钠)工段</p> <p>4. 樟脑或松香提炼车间,硫磺回收车间,焦化厂精苯车间,硫化钾工段</p> <p>5. 铝粉或镁粉车间,煤粉车间,面粉厂碾磨车间,活性炭制造及再生工段</p>
丙	<p>1. 闪点$\geq 60^{\circ}\text{C}$的油品和有机液体的提炼、回收工段及其抽送泵房,香料厂松油醇工段和乙酸松油脂工段,苯甲酸工段,苯乙酮工段,焦油车间,甘油、桐油的制备工段,油浸变压器室,机器油或变压器油灌桶间,柴油灌桶间,润滑油再生工段,配电室(每台装油量$>60\text{kg}$的设备),沥青加工车间</p> <p>2. 煤、焦炭、油母页岩的筛分、转运工段和栈桥或贮仓,木工车间,橡胶制品的压延、成型和硫化工段,针织品车间,纺织车间,缝纫车间,棉花加工和打包车间,造纸厂干燥车间,印染厂成品车间,麻纺厂初加工车间,谷物加工车间或料仓</p>
丁	<p>1. 金属冶炼、锻造、铆焊、热轧、铸造、热处理车间</p> <p>2. 锅炉房,玻璃原料熔化工段,汽车库,蒸气机车库,石灰焙烧工段,电石炉工段,耐火材料烧成工段,高炉车间,硫酸车间焙烧工段,电极煅烧工段配电室(每台装油量$\leq 60\text{kg}$的设备)</p> <p>3. 树脂塑料的加工车间</p>
戊	<p>卷扬机室,不燃液体的泵房和阀门室,不燃液体的净化处理工段,金属(镁合金除外)冷加工车间,电动车库,钙镁磷肥车间(焙烧炉除外),纯碱车间(煅烧炉除外),造纸厂或化学纤维厂浆粕蒸煮工段,仪表、器械或车辆装配车间</p>

附录 3-3 工厂防火规定

一、建筑物构件的燃烧性能和耐火极限

建筑物的耐火等级分为四级。各级建筑物构件的耐火极限和燃烧性能均不应低于附表 3-3-1 的规定(另有规定者除外)。

附表 3-3-1 建筑构件的燃烧性能和耐火极限(h)

构件名称	耐火等级			
	一级	二级	三级	四级
承重墙和楼梯间的墙	非燃烧体 3.00	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.50	难燃烧体 0.50
支承多层的柱	非燃烧体 3.00	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.50	难燃烧体 0.50
支承单层的柱	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.00	非燃烧体 2.00	燃烧体
梁	非燃烧体 2.00	非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	难燃烧体 0.5
楼板	非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
吊顶(包括吊顶搁栅)	非燃烧体 0.25	难燃烧体 0.25	难燃烧体 0.15	燃烧体
屋顶的承重构件	非燃烧体 1.50	非燃烧体 0.50	燃烧体	燃烧体
疏散楼梯	非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	非燃烧体 1.00	燃烧体
框架填充墙	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.5	非燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
隔墙	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50	难燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
防火墙	非燃烧体 4.00	非燃烧体 4.00	非燃烧体 4.00	非燃烧体 4.00

注:以木柱承重且以非燃烧材料作为墙体的建筑物,其耐火等级应按四级考虑。

附表 3-3-2 厂房的耐火等级、层数和面积

生产类别	耐火等级	最多允许层数	防火墙间最大允许占地面积, m ²	
			单层厂房	多层厂房
甲	一级	不限	4000	3000
	二级	不限	3000	2000
乙	一级	不限	5000	4000
	二级	不限	4000	3000
丙	一级	不限	不限	6000
	二级	不限	7000	4000
	三级	2	3000	2000
丁	一级、二级	不限	不限	不限
	三级	3	4000	2000
	四级	1	1000	—
戊	一级、二级	不限	不限	不限
	三级	3	5000	3000
	四级	1	1500	—

注:①厂房内如有自动灭火设备,防火墙间最大允许占地面积可按本表增加 50%。

②甲、乙类生产厂房,除必须采用多层建筑外,宜采用单层建筑。

(1)特别贵重的机器、仪表、仪器等应设在一、二级耐火等级的建筑内。(2)在小型企业中,面积不超过 300m² 的独立的甲、乙类生产厂房,可采用三级耐火等级的单层建筑。(3)使用或生产可燃液体的丙类生产厂房和有火花、赤热表面、明火的丁类生产厂房均应采用一、二级耐火等级的建筑。但面积不超过 500m² 的丙类生产厂房和面积不超过 1000m² 的丁类生产厂房,也可采用三级耐火等级的单层建筑。(4)锅炉房应为一、二级耐火等级的建筑,但每小时锅炉的总蒸发量不超过 4t 的锅炉房可采用三级耐火等级的建筑。(5)油浸电力变压器室,应采用一级耐火等级的建筑,其它防火要求按现行《电力设计技术规范》执行。(6)甲、乙类生产不应设在建筑物的地下室或半地下室。

二、厂房的防火、防爆规定

1. 厂房的耐火等级,层数和面积。各类厂房的耐火等级,层数和面积,应符合附表 3-2-2 的要求(建筑设计防火规范另有规定者除外)。

2. 厂房的防火间距。厂房之间的防火间的防火间距不应小于附表 3-3-3 的规定。

附 表 3-3-3 厂房的防火间距

耐 火 等 级	耐 火 等 级		
	一、二级	三级	四级
一、二级	10	12	14
三级	12	14	16
四级	14	16	18

- 注:①防火间距应按相邻厂房外墙的最近距离计算。如外墙有凸出的燃烧构件,则应从其凸出部分外缘算起。
②散发可燃气体、可燃蒸气的甲类生产厂房的防火间距,应按本表增加 2m。
③两座厂房相邻两面的外墙为非燃烧体且无门窗洞口、无外露的燃烧体屋檐,其防火间距可按本表减少 25%。
④两座厂房相邻较高一面的外墙如为防火墙时,其防火间距不限。
⑤耐火等级低于四级的原有厂房,其防火间距可按四级考虑。
⑥一座 U、山形厂房,其两翼之间的间距不宜小于本表的规定。如该厂房的占地面积不超过附表 3-2-2 规定的防火墙间最大允许占地面积(面积不限者,不应超过 7000m²),其两翼之间的间距可为 6m。
⑦如厂房附设有易燃、可燃危险物品的室外设备时,其室外设备外壁与相邻厂房室外设备外壁之间的距离,不宜小于 10m,室外设备外壁与相邻厂房外墙之间的防火间距不应小于本表的规定(室外设备按一、二级耐火等级建筑考虑)。

(1)数座厂房成组布置时,应符合下列要求:

①数座厂房的占地面积总和不应超过附表 3-3-2 规定的允许占地面积,其允许占地面积应按组内最低的耐火等级厂房确定(如有数座相同的最低耐火等级厂房时,应按其中火灾危险性最大的确定,面积不限者按 7000m² 考虑)。组内厂房之间的间距不宜小于 4m。

②组与组或组与相邻建筑之间的防火间距应遵守附表 3-3-3 的规定(按相邻两座耐火等级最低的建筑物考虑)。

如:甲、乙类生产厂房不应与四级耐火等级的厂房成组布置,若与三级耐火等级的厂房成组布置时,其占地面积总和不应超过 300m²。

(2)厂房与民建建筑之间的防火间距,不应小于附表 3-2-3 的规定。但甲、乙类生产厂房与民用建筑之间的防火间距不应小于 25m;距重要的公共建筑不宜小于 50m。

(3)散发可燃气体、可燃蒸气的甲类生产厂房与下述地点的防火间距不应小于下列规定:

- 明火或散发火花的地点—— 30m;
- 厂外铁路线(中心线)—— 30m;
- 厂内铁路线(中心线)—— 20m;
- 厂外道路(路边)—— 15m;
- 厂内主要道路(路边)—— 10m;
- 厂内次要道路(路边)—— 5m。

①除散发比空气重的可燃气体、可燃蒸气的甲类生产厂房外,其他厂房与电力牵引机车的厂外铁路线的防火间距可减为 20m。

②厂内装卸线如有安全措施,可不受本条限制。

3. 厂房的防爆。

(1)有爆炸危险的甲、乙类生产厂房,宜采用钢筋混凝土柱、钢柱或框架承重结构,并宜采用敞开或半敞开式的厂房。

(2)有爆炸危险的甲、乙类生产厂房,应设置必要的泄压面积。泄压面积与厂房体积的比值(m^2/m^3)一般采用 0.05~0.10。爆炸介质的爆炸下限较低或爆炸压力较强以及体积较小的厂房,应尽量加大比值。体积超过 1000 m^3 的建筑,如采用上述比值有困难时,可适当降低,但不应小于 0.03。

(3)泄压设施宜采用轻质屋盖作为泄压面积。易于泄压的门、窗、轻质墙体等也可作为泄压面积。泄压面积应布置合理,并应靠近爆炸部位,不应面对人员集中的地方和主要交通道路。

(4)散发较空气重的可燃气体、可燃蒸气的甲类生产车间以及有粉尘、纤维爆炸危险的乙类生产车间,宜采用不发生火花的地面。容易积存可燃粉尘、纤维的车间内表面,应平整、光滑、并易于清扫。

(5)有爆炸危险的甲、乙类生产车间内不应设置办公室、休息室等。供甲、乙类生产车间用的办公室、休息室等,可贴邻本车间设置,但应用耐火极限不低于 3.50h 的非燃烧体墙隔开。有爆炸危险的甲、乙类生产部位,宜设在单层厂房靠外墙处或多层厂房的最上一层靠外墙处。

三、库房的防火规定

1. 库房的耐火等级、层数和面积

各类库房的耐火等级、层数和面积应符合附表 3-3-4 的要求。

附表 3-3-4 库房的耐火等级、层数和面积

贮存物品类别	耐火等级	最多允许层数	最大允许占地面积, m^2			
			单 层		多 层	
			每座库房	防火墙隔间	每座库房	防火墙隔间
甲	1、2、3 项	一级	180	60	—	—
	4、5、6 项	一、二级	750	250	—	—
乙	1、2、3 项	一、二级	1000	250	—	—
		三级	500	250	—	—
	4、5、6 项	一、二级	1500	500	1200	400
		三级	900	300	—	—
丙	1 项	一、二级	2100	700	1500	500
		三级	1200	400	—	—
	2 项	一、二级	4000	1000	3000	1000
		三级	2100	700	1200	400
丁	一、二级	不限	不限	3000	不限	1500
	三级	3	3000	1000	1500	500
	四级	1	2100	700	—	—
戊	一、二级	不限	不限	不限	不限	2000
	三级	3	3000	1000	2100	700
	四级	1	2100	700	—	—

注:①贵重物品的库房,宜采用一级耐火等级的建筑。

②单独存放的硝酸铵仓库、电石仓库,以及车站、码头内的中转仓库,其面积可按本表的规定增加一倍,但耐火等级不应低于二级。三、四级耐火等级的库房,如设防火墙有困难,可用防火带代替。

③装有自动灭火设备的丙类物品库房,其面积可按本表的规定增加 50%。

④小型企业独立的甲类物品库房,如面积不超过本表规定的防火墙间面积的 50%,可采用三级耐火等级的建筑。

⑤在同一座库房或同一个防火墙隔间内,如贮存数种火灾危险性不同的物品时,其库房或隔间的最低耐火等级、最多允许层数和最大允许面积,应按其中火灾危险性最大的物品确定。

⑥贮存物品类别栏中的 1~6 项为物品举例,见化工工艺设计手册中贮存物品的火灾危险性分类举例。

(1)有爆炸危险的甲、乙类物品库房不应设在建筑物的地下室、半地下室内。

(2)易燃、可燃液体库房,应设置防止液体流散的设施。

(3)库房安全出口的数目不宜少于两个,但占地面积小的库房可设一个。库房的门应向外开或靠墙的外侧推拉,但甲类物品库房不应采用侧拉门。

· 2. 库房的防火间距。

库房的防火间距可按厂房防火间距(见附表 3-2-3)及厂房与民用建筑之间的防火间距的规定执行。但甲类物品库房与建筑物的防火间距不应小于附表 3-2-5 的规定。

四、易燃、可燃液体贮罐的防火规定

1. 易燃、可燃液体贮罐的布置。

(1)易燃、可燃液体贮罐易布置在地势较低的地带,如采取安全防护设施,也可布置在地势较高的地带。

附表 3-3-5 甲类物品库房与建筑物的防火间距(m)

建筑物名称			甲 类 物 品 库 房			
			1、2、3 项		4、5、6 项	
			贮 量,t			
			≤5	>5	≤10	>10
民 用 建 筑			30	40	25	30
其它 建筑	耐火 等级	一、二级	15	20	12	15
		三级	20	25	15	20
		四级	25	30	20	25

注:①两座库房相邻两面的外墙为非燃烧体且无门窗洞口,无外露的燃烧体屋檐,其防火间距可按本表减少 25%。

②甲类物品库房与明火或散发火花地点的防火间距,不应小于 30m。

③甲类物品库房之间的防火间距,不应小于 20m。

④甲类物品库房与重要公共建筑的防火间距,不宜小于 50m。

⑤甲类物品库房栏中的 1~6 项为物品举例,见附表 3-2-4 中的注⑥

桶装易燃液体不宜露天布置。

(2)易燃、可燃液体的地上、半地下贮罐或贮罐组,应设置防火堤。防火堤内空间容积不应小于贮罐地上部分总贮量的一半,且不小于最大罐的地上部分贮量。防火堤内侧基脚线至贮罐外壁的距离,不应小于贮罐的半径。防火堤的高度以 1~1.6m 为宜。

闪点大于 120℃的可燃液体贮罐、贮罐区以及桶装的可燃液体堆场,易燃液体半露天堆场,可不设置防火堤,但应设置防止液体流散的设施。

易燃、可燃液体贮罐区的下水道应设置水封设施。

2. 易燃、可燃液体贮罐之间的防火间距。

易燃、可燃液体贮罐之间的防火间距,不应小于附表 3-3-6 的规定。

3. 易燃、可燃液体贮罐的成组布置。

易燃、可燃液体贮罐如贮量不超过附表 3-3-7 规定的,可成组布置。

组内贮罐的布置不应超过两行。易燃液体贮罐之间的距离不应小于相邻较大罐的半径;可燃液体贮罐不限。

贮罐组之间的距离,应按与贮罐组总贮量相同的单罐考虑,并符合附表 3-3-6 的规定。

附表 3-3-6 易燃、可燃液体贮罐之间的防火间距(m)

贮 罐 名 称	贮 罐 形 式		
	地上	半地下	地下
易燃液体贮罐	D	0.75D	0.5D
可燃液体贮罐	0.75D	0.5D	0.4D

注：①D为两相邻贮罐中较大罐的直径(m)。

②不同液体，不同形式贮罐之间的防火间距，应采用本表规定的较大值。

③浮顶油罐之间或闪点大于120℃的可燃液体贮罐之间的防火间距，可按本表的规定减少25%。

④直径大于30m的地下易燃液体贮罐之间的防火间距可为15m；直径大于25m的地下可燃液体贮罐之间的防火间距可为10m。

附表 3-3-7 易燃、可燃液体贮罐成组布置的限置

名 称	单罐最大贮量, m ³	贮罐组最大总贮量, m ³
易燃液体贮罐	50	300
可燃液体贮罐	≤120℃	250
	>120℃	500
		1500
		3000

4. 易燃、可燃液体贮罐区，堆场与建筑物的防火间距。

易燃、可燃液体的贮罐区、堆场与建筑物的防火间距不应小于附表 3-2-8 的规定。

附表 3-3-8 易燃、可燃液体的贮罐、堆场与建筑物的防火间距(m)

贮罐名称	一个罐区， 堆场的总贮量, m ³	建筑物耐火等级		
		一、二级	三级	四级
易燃 液体 贮罐	1~50	12	15	20
	51~200	15	20	25
	201~1000	20	25	30
	1001~5000	25	30	40
可燃 液体 贮罐	5~250	12	15	20
	251~1000	15	20	25
	1001~5000	20	25	30
	5001~25000	25	30	40

注：①防火间距应从距建筑物最近的贮罐外壁算起。但防火堤外侧基脚线至建筑物的距离不应小于10m。

②易燃、可燃液体的贮罐区、堆场与甲类生产厂房、甲类物品库房以及民用建筑的防火间距，应按本表的规定增加25%。但易燃液体贮罐区、半露天堆场与上述建筑物的防火间距不应小于25m；与明火或散发火花地点的防火间距，应按本表四级建筑的规定增加25%。

③浮顶油罐或闪点大于120℃的可燃液体贮罐与建筑物的防火间距，可按本表的规定减少25%。

④一个贮罐区总贮量如超过本表规定的最大限量时，可按有关专门规定执行，小于本表规定的最小限量时，贮罐区与建筑物的防火间距，可根据具体情况确定。

⑤一个单位如有几个贮罐区时，贮罐区之间的防火间距不应小于本表相应贮量四级建筑的较大值，但贮罐区防火堤外侧基脚线之间的距离不应小于10m。

⑥计算一个贮罐区的总贮量时，1m³的易燃液体按5m³的可燃液体折算。

5. 易燃、可燃液体贮罐与易燃、可燃液体泵房，装卸设备的防火间距。

易燃、可燃液体贮罐与易燃、可燃液体泵房、装卸设备的防火间距不应小于附表 3-3-9 的规定。

附表 3-3-9 易燃、可燃液体贮罐与泵房、装卸设备的防火间距(m)

贮罐名称	泵 房	铁路装卸设备	汽车装卸设备
易燃液体贮罐	15	20	15
可燃液体贮罐	10	12	10

注:①总贮量小于 1000m³的贮罐区,或闪点大于 120℃的可燃液体贮罐,可按本表的规定减少 25%。

②泵房、装卸设备与易燃、可燃液体贮罐防火堤外侧基脚线的距离不应小于 5m。

易燃、可燃液体装卸设备与建筑物的防火间距不宜小于 15m。

五、可燃、助燃气体贮罐的防火间距

1. 水槽式可燃气体贮罐或罐区与建筑物、堆场的防火间距,不应小于附表 3-3-10 的规定。

附表 3-3-10 水槽式可燃气体贮罐或罐区与建筑物、堆场的防火间距(m)

建筑物、堆场名称			贮罐或罐区总容积, m ³		
			≤500	501~10000	>10000
明火或散发火花的地点,民用建筑、易燃、可燃液体贮罐和易燃材料堆场,甲类物品库房			25	30	40
其他建筑	耐火等级	一、二级	12	15	20
		三 级	15	20	25
		四 级	20	25	30

注:①固定容积的可燃气体贮罐与建筑物、堆场的防火间距,应按其水容量(m³)和工作压力(kgf/cm²)的乘积,按本表的规定执行。

②容积不超过 20m³的可燃气体贮罐与所属厂房的防火间距不限。

2. 可燃气体贮罐之间的防火间距应符合下列要求。

(1)固体容积贮罐之间的防火间距,不应小于相邻较大罐直径的三分之二;

(2)水槽式贮罐之间的防火间距,不应小于相邻较大罐的半径;

(3)固定容积贮罐与水槽式贮罐之间的防火间距,应按其中较大者确定;

(4)一组固定容积卧式贮罐的总容积,不应超过 5000m³,组与组的防火间距,不应小于相邻较长罐长度的一半,且不应小于 10m。

3. 水槽式氧气贮罐与建筑物、堆场的防火间距,不应小于附表 3-3-11 的规定。

附表 3-3-11 水槽式氧气贮罐与建筑物、堆场的防火间距(m)

建筑物、堆场名称			贮罐总容积, m ³	
			≤1000	>1000
民用建筑、易燃、可燃液体贮罐,易燃材料堆场			25	25
其他建筑	耐火等级	一、二级	10	12
		三 级	12	14
		四 级	14	16

注:①固定容积的氧气贮罐与建筑物、堆物的防火间距,应按其水容量(m³)和工作压力(kgf/cm²)的乘积,按本表的规定执行。

②容积不超过 20m³的氧气贮罐与所属厂房的防火间距不限。

1. 氧气贮罐之间或氧气贮罐与可燃气体贮罐之间的防火间距,不应小于相邻较大罐的半径。

六、液化石油气贮罐的布置和防火间距

1. 液化石油气贮罐区宜布置在本单位和附近居住区年主导风向下风侧,并选择通风较好的地区单独设置。贮罐区宜设置防护墙,其实体部分的高度可为 1m。

2. 液化石油气贮罐或罐区与建筑物、堆场的防火间距,不应小于附表 3-3-12 的规定。

3. 液化石油气贮罐之间的防火间距,不宜小于相邻较大罐的半径。单罐容积或数个贮罐的总容积超过 2500m³ 时,应分组布置。组与组之间的间距不宜小于 20m。组内贮罐的布置不应超过两行。

4. 城市液化石油气供应站的气瓶库,其四周宜设置非燃烧体的实体围墙。气瓶库的总贮量不超过 10m³ 时与建筑物的防火间距(管理室除外)不应小于 10m;超过 10m³ 时不应小于 15m。气瓶库与主要道路的间距不应小于 10m,与次要道路的间距不应小于 5m。

附表 3-3-12 液化石油气贮罐或罐区与建筑物、堆场的防火间距(m)

建筑物、堆场名称			贮罐或罐区总容积, m ³			
			1~30	31~200	201~500	>500
明火或散发火花的地点,民用建筑			40	50	60	70
易燃液体贮罐			35	45	55	65
可燃液体贮罐			30	35	45	55
易燃材料堆场			30	40	50	60
其他建筑	耐火等级	一、二级	18	20	25	30
		三 级	20	25	30	40
		四 级	25	30	40	50

注:容积超过 1000m³ 的液化石油气单罐或总容积超过 5000m³ 的罐区,与建筑物的防火间距,应按本表的规定增加 25%。

七、堆场、贮罐、库房与铁路、道路的防火间距堆场、贮罐、库房与铁路、道路的防火间距,不应小于附表 3-3-13 的规定。

附表 3-3-13 堆场、贮罐、库房与铁路、道路的防火间距(m)

库房、堆场及贮罐名称	铁路、道路				
	厂外铁路线 (中心线)	厂内铁路线 (中心线)	厂外道路 (路边)	厂内道路(路边)	
				主要	次要
甲类物品库房	40	30	20	10	5
易燃材料堆场	30	20	15	10	5
可燃液体贮罐	30	20	15	10	5
易燃液体贮罐	35	25	20	15	10
可燃、助燃气体贮罐	25	20	15	10	5
液化石油气贮罐	45	35	25	15	10

注:①本表所列的堆场、贮罐、库房与架空电力线的防火间距,不应小于电杆高度的一倍半;与电力牵引机车的厂内外铁路线的防火间距,可减少到 20m(散发比空气重的可燃气体、可燃蒸气的堆场、贮罐和库房除外)。

②厂内铁路装卸线与甲类物品装卸站台库房的防火间距,可不受本表规定的限制。

③未列入本表的堆场、贮罐、库房与铁路、道路的防火间距,可根据贮存物品的火灾危险性适当减少。

附录 4-1 图纸幅面、图样比例及图线

一、图纸幅面

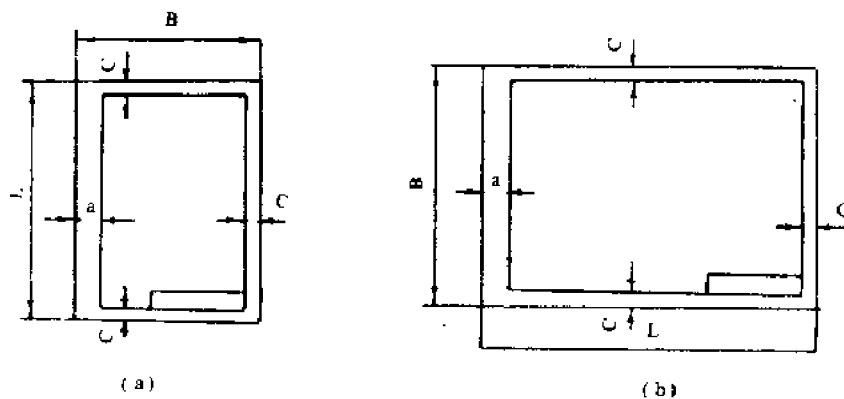
1. 图纸幅面规定见附表 4-1-1 和附图 4-1。

附表 4-1-1 图纸幅面

幅面代号	0	1	2	3	4	5
B×L	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210
c	10			5		
a	25					

2. 必要时可将附表 4-1-1 所列幅面的长边加长,0 号和 1 号幅面可加长两边,加长量应为 5 号幅面相应边长度的整倍数。

3. 图样必须画出边框,其格式如附图 4-1a,b,装订时一般按 4 号幅面竖装,或 3 号幅面横装。



附图 4-1 图纸幅面

二、图样比例

1. 图样比例规定见附表 4-1-2。

附表 4-1-2 图样比例

与实物相同	1:1			
缩小的比例	1:2	1:2.5	1:3	1:4
	1:5	1:10*	1:2×10*	1:5×10*
放大的比例	2:1	2.5:1	4:1	5:1
	10:1	(10×*) : 1		

注：* 为正整数

2. 图样上比例标注的形式如： $M1:1$ 、 $M1:2$ 等等，但在标题栏中的比例栏内填写比例时，不写符号 M 。

3. 一张图样上同一机件的各视图，应采用相同的比例，当用不同比例时，必须另行标注。

三、图线

1. 图样中规定采用的图线及其主要用途见附表 4-1-3。

2. 同一张图样中同类图线的宽度应基本一致。虚线、点划线的线段长短和间隔应大致相等。

3. 虚线、点划线和双点划线应以线段相交，点划线和双点划线的起迄端应为线段，而不是点。

附表 4-1-3 图线

图线名称	图线型式	图线宽度	主要用途
粗实线		$b=0.4\sim1.2(\text{mm})$	可见轮廓线和过渡线
虚线		$\approx b/2$	不可见轮廓线和过渡线
细实线		$b/3$ 或更细	剖面线、重合剖面的轮廓线、引出线、分界线、范围线等
点划线			轴线、中心线
双点划线			假想投影轮廓线、中断线等
波浪线		$b/3$ 或更细 (自由绘制)	假想的机件断裂处的边界线







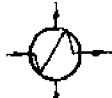
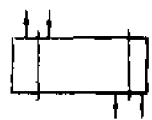

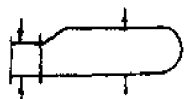
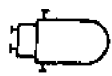
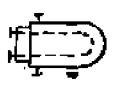


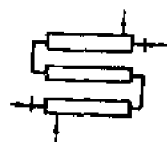
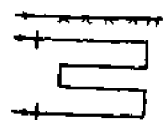
附录 4-2 化工工艺图图线、代号与图例规定

附表 4-2-1 化工工艺图应用的图线

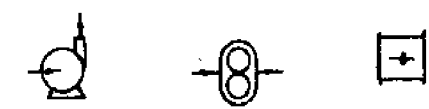
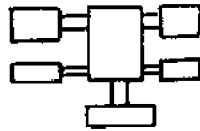
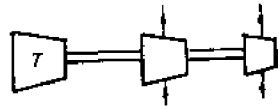
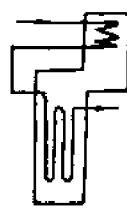
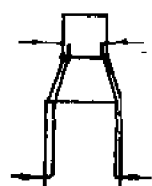
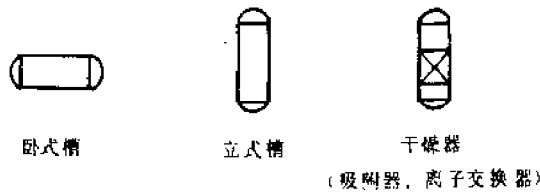


序号	图线名称	图线规格	全厂物料平衡图	物料流程图	带控制点工艺流程图	辅助物料系统图	蒸汽、物料系统图	首层图	设备布置图	设备支架图	管方位图	管道布置图	蒸汽伴热系统布置图	管架图	管件图	管段图
1	粗实线	$b=0.8\sim 1.2mm$	主要物料流程图	物料流程图	工艺物料管	辅助物料管	蒸汽、物料及冷凝水管	墙、进出口管	设备可参见轮廓、埋线管口	支架	设备、线管	单线管道	管架管道	管架	管件	管道
2	中实线	$(1/2\sim 2/3)b$			辅助物料管			室外设备	双线条管口	设备		双线条管道	管道、建筑			
3	细实线	$b/3$ 或更细	车间设备	设备	工艺物料管、阀门、仪表(仪表管)				设备、建筑(构筑物)、管道、管架、仪表							管件、阀门、控制点
4	粗虚线	b			工艺物料不可见管				设备不可见管							
5	虚线	$b/2$			埋地及不可见辅助物料管											
6	细虚线	$b/3$			设备内不可见结构											
7	点划线	$b/3$			仪表管			建筑定位轴线								
8	双划点线	$b/3$							(设备)			分区简图中的分区界线			与管道焊缝	设备管口、其他管段
9	粗双划点线	$(1\sim 1.2)b$					蒸汽、物料管(总管)、冷凝水、收集管	(分区界线)				分区界线	蒸汽及冷凝水总管			

注：1. 与国家标准《机械制图》规定相符的图线，本表基本上未予列出。2. 本表基本摘自有关部门制订的化工工艺初步设计和施工图设计文件编制规定。3. 括号中的内容，在有些图样中采用该种线型绘制。4. 表中首层图的线型同设备布置图。

附表 4-2-2 工艺流程图的设备代号与图例

序号	设备类别	代号	图 例
1	泵	P	   (电动) 离心泵 (汽轮机) 离心泵 往复泵
2	反应器和转化器	R	   固定床反应器 管式反应器 聚合釜
3	换 热 器	H	  列管式换热器
			  带蒸发空间换热器
			  预热器 (加热器) 热水器 (热交换器)
			  (水平式) 空冷器 (斜梯式)
			  盘管式换热器 喷淋式冷却器

续附表 4-2-2

序号	设备类别	代号	图 例
1	压缩机、鼓风机和驱动机	J	 <p>离心式鼓风机 罗茨鼓风机 轴流通风机</p>  <p>多级往复式压缩机</p>  <p>汽轮机传动离心式压缩机</p>
5	工业炉	L	 <p>箱式炉</p>  <p>圆筒炉</p>
6	贮槽和分离器	R	 <p>卧式槽 立式槽 干燥器 (吸潮器, 离子交换器)</p>  <p>锥顶罐 浮顶罐 湿式气柜</p>  <p>油分离器 滤尘器 除尘器 球罐</p>

注: 本表摘自有关部门制订的化工工艺设计文件编制规定。

附录 5-1 单位因次及其换算

一、一些物理量在三种单位制中的单位和因次

物理量 名称	SI 单位			物理制(C. G. S 制)		工程单位	
	中文单位	国际单位	因次	单位	因次	单位	因次
长度	[米]	m	[L]	[厘米]	[L]	[米]	[L]
时间	[秒]	s	[T]	[秒]	[T]	[秒]	[T]
质量	[公斤]	kg	[M]	[克]	[M]	[公斤·秒 ² /米]	[FT ² L ⁻¹]
重量 (或力)	[牛顿]	N 或 kg·m·s ⁻²	[MLT ⁻²]	[克·厘米/秒 ²] 或[达因]	[MLT ⁻²]	[公斤]	[F]
速度	[米/秒]	m/s	[LT ⁻¹]	[厘米/秒]	[LT ⁻¹]	[米/秒]	[LT ⁻¹]
加速度	[米/秒 ²]	m/s ²	[LT ⁻²]	[厘米/秒 ²]	[LT ⁻²]	[米/秒 ²]	[LT ⁻²]
密度	[公斤/米 ³]	kg/m ³	[ML ⁻³]	[克/厘米 ³]	[ML ⁻³]	[公斤·秒 ² /米 ⁴]	[FT ² L ⁻⁴]
重度	[公斤/米 ² ·秒 ²]	kg·m ⁻² ·s ⁻²	[ML ⁻² T ⁻²]	[克/厘米 ² ·秒 ²]	[ML ⁻² T ⁻²]	[公斤/米 ³]	[FL ⁻³]
压强	[公斤/米秒 ²]或[牛 顿/米 ²]	N/m ² 或 kg·m ⁻³ ·s ⁻²	[ML ⁻¹ T ⁻²]	[克/厘米·秒 ²] 或[达因/厘米 ²]	[ML ⁻¹ T ⁻²]	[公斤/米 ²]	[FL ⁻²]
功或能	[公斤·米 ² /秒 ²]或 [焦耳]	N·m 或 kg·m ² ·s ⁻²	[ML ² T ⁻²]	[克厘米 ² /秒 ²]或 [尔格]	[ML ² T ⁻²]	[公斤·米]	[FL]
功率	[瓦特]	J/s 或 kg·m ² · s ⁻³	[ML ² T ⁻²]	[克厘米 ² /秒 ³]或 [尔格/秒]	[ML ² T ⁻³]	[公斤·米/ 秒]	[FLT ⁻¹]
粘度	[帕斯卡·秒]	Pa·s 或 kg·m ⁻¹ ·s ⁻¹	[ML ⁻¹ T ⁻¹]	[克/厘米·秒]或 [泊]	[ML ⁻¹ T ⁻¹]	[公斤·秒/ 米 ²]	[FTL ⁻²]
运动粘度	[米 ² /秒]	m ² /s	[L ² T ⁻¹]	[厘米 ² /秒]或 [施]	[L ² T ⁻¹]	[米 ² /秒]	[L ² T ⁻¹]
表面张力	[牛顿/米]	N/m 或 kg·s ⁻²	[MT ⁻²]	[克/秒 ²]或[达因 /厘米]	[MT ⁻²]	[公斤/米]	[FL ⁻¹]
扩散系数	[米 ² /秒]	m ² /s	[L ² T ⁻¹]	[厘米 ² /秒]	[L ² T ⁻¹]	[米 ² /秒]	[L ² T ⁻¹]

* 压强单位也称帕斯卡,用 Pa 表示。

二、单位换算

1. 质量

千克(公斤)	公 吨	磅
1	0.001	2.20462
1000	1	2204.62
0.4536	4.536×10 ⁻⁴	1

1 英吨(长吨)=1.016 公吨

1 美吨(短吨)=0.9072 公吨

1 斯勒格(Slug)=32.192 磅(质量)

2. 长度

米	英 寸	英 尺	码
1	39.3701	3.2808	1.09361
0.025400	1	0.073333	0.02778
0.30480	12	1	0.33333
0.9144	36	3	1

1 公里 = 0.6214 哩 = 0.5400 国际哩

1 微米 = (μm) = 10^{-6} 米, 1 埃 (\AA) = 10^{-10} 米

1 密耳 (mil) = 0.001 英寸。

3. 面积

平方厘米	平 方 米	平方英寸	平方英尺
1	1×10^{-4}	0.15500	0.0010764
1×10^4	1	1550.00	10.7639
6.4516	6.4516×10^{-1}	1	0.006944
929.030	0.09290	144	1

1 平方公里 = 100 公顷 = 10,000 亩 = 10^6 平方米

4. 容积

升	立 方 米	立方英尺	加仑(英)	加仑(美)
1	1×10^{-3}	0.03531	0.21998	0.26418
1×10^3	1	35.3147	219.975	264.171
28.3161	0.02832	1	6.2238	7.48048
4.5459	0.004546	0.16054	1	1.20095
3.7853	0.003785	0.13368	0.8327	1

5. 流量

升/秒	立方米/时	立方米/秒	加仑(美)/分	立方英尺/时	立方英尺/秒
1	3.6	0.001	15.850	127.13	0.03531
0.2778	1	2.778×10^{-4}	4.403	35.31	9.810×10^{-3}
1000	3600	1	1.5850×10^{-4}	1.2713×10^5	35.31
0.06309	0.2271	6.309×10^{-3}	1	8.021	0.002228
7.866×10^{-3}	0.02832	7.866×10^{-5}	0.12468	1	2.778×10^{-4}
28.32	101.94	0.02832	448.8	3600	1

6. 力(重量)

牛 顿	公 斤	磅	达 因	磅 达
1	0.102	0.2248	10^5	7.233
9.8067	1	2.205	980700	70.93
4.448	0.4536	1	444.8×10^3	32.17
10^{-5}	1.02×10^{-5}	2.248×10^{-6}	1	0.7233×10^{-4}
0.1383	0.01410	0.03110	13825	1

$1[\text{牛顿}] = 1[\text{公斤(质)} \cdot \text{米/秒}^2] = \frac{1}{9.81}[\text{公斤(力)}] = 10^5[\text{达因}]$ 。

7. 密度(重度)

1) 换算表

克/厘米 ³	公斤/米 ³	磅/英尺 ³	磅/加仑
1	1000	62.13	8.315
0.001	1	0.6243	0.008345
0.01602	16.02	1	0.1337
0.1198	119.8	7.481	1

2) 气体中微量杂质常用 ppm(百万分之一)表示。其换算关系如下:

A) 如 ppm 系指气体中微量组成的体积含量(百万分数), 则相应的每米³ 中的毫克数 N 为:

$$N[\text{毫克/米}^3] = \text{ppm} \times \frac{M_i}{M_m/\rho_e} \quad (1-1)$$

式中: M_i —— 微量组成 i 的分子量;

M_m —— 混合气体的分子量;

ρ_e —— 混合气体的密度, [公斤/米³]. 对于常温(25℃)常压的气体 $M_m/\rho_e = 24.45$ 。

B) 如 ppm 系指质量比(百万分数), 则 $N[\text{毫克/米}^3] = \text{ppm}(\text{质量百万分数}) \cdot \rho_e$

式中 ρ_e —— 混合气体的密度, [公斤/米³].

8. 压强

牛顿/米 ² (帕斯卡)	巴 (bar)	公斤(力)/厘米 ² (工程大气压)	磅/英寸 ²	标准大气压 (物理大气压)	水银柱		水柱	
					毫米	英寸	米	英寸
1	10 ⁻⁵	1.019×10 ⁻⁵	14.5×10 ⁻⁵	0.9869×10 ⁻⁶	7.5×10 ⁻³	29.53×10 ⁻⁵	1.0197×10 ⁻⁴	4.018×10 ⁻³
10 ⁵	1	1.0197	14.50	0.9869	750.0	29.53	10.197	401.8
9.807×10 ⁴	0.9807	1	14.22	0.9678	735.5	28.96	10.01	394.0
6895	0.06895	0.07031	1	0.06804	51.71	2.036	0.7037	27.70
1.0133×10 ⁵	1.0133	1.0332	14.7	1	760	29.92	10.34	407.2
1.333×10 ⁵	1.333	1.359	19.34	1.316	1000	39.37	13.61	535.67
3.386×10 ³	0.03386	0.03453	0.4912	0.03342	25.40	1	0.3456	13.61
9798	0.09798	0.09991	1.421	0.09670	73.49	2.893	1	39.37
218.9	0.002189	0.002253	0.03699	0.002456	1.367	0.07349	0.0254	1

注: 有时“巴”亦指 1[达因/厘米²], 即相当于上表中之 1/10⁵(亦称“巴利”)。

1[公斤(力)/厘米²] = 98100[牛顿/米²]. 毫米水银柱亦称“托”(Torr)。

9. 动力粘度(通称粘度)

牛顿·米 ² (帕斯卡·秒)	泊	厘泊	千克/米·秒	千克/米·时	磅/英尺·秒	公斤(力)·秒/米 ²
1	10	10 ³	1	3.6×10 ³	0.672	0.102
10 ⁻¹	1	100	0.1	360	0.06720	0.0102
10 ⁻³	0.01	1	0.001	3.6	6.720×10 ⁻⁴	0.102×10 ⁻³
1	10	1000	1	3600	0.6720	0.102
2.776×10 ⁻⁴	2.776×10 ⁻³	0.2778	2.776×10 ⁻⁴	1	1.8667×10 ⁻⁴	0.283×10 ⁻⁴
1.4881	14.881	1488.1	1.4881	5357	1	0.1519
9.81	98.1	9810	9.81	0.353×10 ⁵	6.59	1

注: 1 泊 = 1[克/厘米·秒] = 1[达因·秒/厘米²].

10. 运动粘度

米 ² /秒	[施](斯托克)厘米 ² /秒	米 ² /时	英尺 ² /秒	英尺 ² /时
1	10 ⁴	3.6×10 ³	10.76	38750
10 ⁻⁴	1	0.360	1.076×10 ⁻³	3.875
2.778×10 ⁻⁴	2.778	1	2.990×10 ⁻³	10.76
9.29×10 ⁻²	929.0	334.5	1	3600
0.2581×10 ⁻⁴	0.2581	0.0929	2.778×10 ⁻⁴	1

注:1厘施=0.01施

11. 能量(功)

焦耳	公斤(力)·米	千瓦·时	马力·时	千卡	英热单位	英尺·磅
1	0.102	2.778×10 ⁻⁷	3.725×10 ⁻⁷	2.39×10 ⁻⁴	9.485×10 ⁻⁴	0.7377
9.8067	1	2.724×10 ⁻⁵	3.653×10 ⁻⁵	2.342×10 ⁻³	9.296×10 ⁻³	7.233
3.6×10 ⁶	3.671×10 ⁵	1	1.3410	860.0	3413	2.655×10 ⁶
2.645×10 ⁶	273.8×10 ³	0.7457	1	641.33	2544	1.981×10 ⁶
4.1868×10 ³	426.9	1.1622×10 ⁻³	1.5576×10 ⁻³	1	3.968	3087
1.055×10 ³	107.58	2.930×10 ⁻⁴	3.926×10 ⁻⁴	0.2520	1	778.1
1.3558	0.1383	0.3766×10 ⁻⁶	0.5051×10 ⁻⁶	3.239×10 ⁻⁴	1.285×10 ⁻³	1

注:1尔格=1[达因·厘米]=10⁻⁷[焦耳]。

1CHU=1.8英热单位(BTU)。

CHU(或PCU)为摄氏热单位(或称磅卡)。

12. 功率

瓦	千瓦	公斤(力)·米/秒	英尺·磅/秒	马 力	千卡/秒	英热单位/秒
1	10 ⁻³	0.10197	0.73556	1.341×10 ⁻³	0.2389×10 ⁻³	0.9486×10 ⁻³
10 ³	1	101.97	735.56	1.3410	0.2389	0.9486
9.8067	0.0098067	1	7.23314	0.01315	0.002342	0.009293
1.3558	0.0013558	0.13825	1	0.0018182	0.0003289	0.0012851
745.69	0.74569	76.0375	550	1	0.17803	0.70675
4186	4.1860	426.85	3087.44	5.6135	1	3.9683
1055	1.0550	107.58	778.168	1.4148	0.251996	1

13. 热容(比热)

焦耳/克·°C	千卡/公斤·°C	1英热单位/磅·°F	摄氏热单位/磅·°C
1	0.2389	0.2389	0.2389
4.186	1	1	1

14. 导热系数

瓦特/米·开尔文	焦耳/厘米·秒·°C	卡/厘米·秒·°C	千卡/米·时·°C	1英热单位 英尺·时·°F
1	10 ⁻³	2.389×10 ⁻³	0.86	0.5779
10 ³	1	0.2389	86.00	57.79
418.6	4.186	1	360	241.9
1.163	0.01163	0.002778	1	0.6720
1.73	0.01730	0.004131	1.488	1

15. 传热系数

瓦特/米 ² ·开尔文	千卡/米 ² ·时·℃	卡/厘米 ² ·秒·℃	英热单位/英尺 ² ·时·°F
1	0.86	2.389×10^{-5}	0.176
1.163	1	2.778×10^{-5}	0.2048
4.186×10^4	3.6×10^4	1	7374
5.678	4.882	1.3562×10^{-4}	1

注：1[英热单位/英尺²·时·°F]=1[CHU/英尺²·时·℃]。

16. 扩散系数

米 ² /秒	厘米 ² /秒	米 ² /时	英尺 ² /时	英寸 ² /秒
1	10 ⁴	3600	3.875×10^4	1550
10 ⁻⁴	1	0.360	3.875	0.1550
2.778×10^{-4}	2.778	1	10.764	0.4306
0.2581×10^{-4}	0.2581	0.09290	1	0.040
6.452×10^{-4}	6.452	2.323	25.000	1

17. 表面张力

牛顿/米	达因/厘米	克/厘米	公斤(力)/米	磅/英尺
1	10 ³	1.02	0.102	6.854×10^{-2}
10 ⁻³	1	0.001020	1.020×10^{-4}	6.854×10^{-5}
0.9807	980.7	1	0.1	0.06720
9.807	9807	10	1	0.6720
14.592	14592	14.88	1.488	1

附录 6-1 化工设备布置的安全距离

附表 6-1-1 设备的安全距离

序号	项 目	净安全距离, m
1	泵与泵的间距	不小于 0.7
2	泵离墙的距离	至少 1.2
3	泵列与泵列间的距离(双排泵间)	不小于 2.0
4	计量罐与计量罐间的距离	0.4~0.6
5	贮槽与贮槽间的距离(指车间中一般小容器)	0.4~0.6
6	换热器与换热器间距离	至少 1.0
7	塔与塔的间距	1.0~2.0
8	离心机周围通道	不小于 1.5
9	过滤机周围通道	1.0~1.8
10	反应罐盖上传动装置离天花板距离(如搅拌轴拆装有困难时, 距离还须加大)	不小于 0.8
11	反应罐底部与人行通道距离	不小于 1.8~2.0
12	反应罐卸料口至离心机的距离	不小于 1.0~1.5

续附表 8-1-1

序号	项 目	净安全距离, m
13	起吊物品与设备最高点距离	不小于 0.4
14	往复运动机械的运动部件离墙距离	不小于 1.5
15	回转机械离墙距离	不小于 0.8~1.0
16	回转机械相互间距离	不小于 0.8~1.2
17	走廊、操作台通行部分的最小净空高度	不小于 2.0~2.5
18	不常通行的地方, 净高不小于	1.9
19	操作台梯子的斜度	一般情况 不大于 45°
		特殊情况 60°
20	控制室、开关室与炉子之间距离	15
21	产生可燃性气体的设备和炉子间距离	不小于 8.0
22	工艺设备和道路间距离	不小于 1.0

附录 7-1 各种流体在管导中常用流速范围

表 7-1-1 流体常用流速范围

流 体 名 称	流速范围 m/s	流 体 名 称	流速范围 m/s
饱和蒸气 主管	30~40	压缩空气 1~2kgf/cm ² (表压)	10~15
支管	20~30	压缩气体 (真空)	5.0~10
低压蒸气 <10kgf/cm ² (绝压)	15~20	1~2kgf/cm ² (绝压)	8.0~12
中压蒸气 10~40kgf/cm ² (绝压)	20~40	1~6kgf/cm ² (表压)	10~20
高压蒸气 40~120kgf/cm ² (绝压)	40~60	6~10kgf/cm ² (表压)	10~15
过热蒸气 主管	40~60	10~20kgf/cm ² (表压)	8.0~10
支管	35~40	20~30kgf/cm ² (表压)	3.0~6.0
一般气体(常压)	10~20	30~250kgf/cm ² (表压)	0.5~3.0
高压乏气	80~100	煤气	2.5~15
蒸气(加热蛇管) 入口管	30~40		8.0~10(经济流速)
氧气 0~0.5kgf/cm ² (表压)	5.0~1.0	煤气 初压 200mmH ₂ O	0.75~3.0
0.5~6kgf/cm ² (表压)	7.0~8.0	煤气 初压 6000mmH ₂ O	3.0~12
6~10kgf/cm ² (表压)	4.0~6.0	(以上主管长 50~100m)	
10~20kgf/cm ² (表压)	4.0~5.0	半水煤气 1~1.5kgf/cm ² (绝压)	10~15
20~30kgf/cm ² (表压)	3.0~4.0	烟道气 烟道内	3.0~6.0
车间换气通风 主管	4.0~1.5	管道内	3.0~4.0
支管	2.0~8.0	工业烟囱(自然通风)	2.0~8.0
风管距风机最远处	1.0~4.0		实际 3~4
最近处	8.0~12	石灰窑窑气管	10~12
乙炔气		真空度 650~710mmHg 管道	80~130

续附表 7-1-1

流 体 名 称	流 速 范 围 m/s	流 体 名 称	流 速 范 围 m/s
(车间内) 0.1~15kgf/cm ² (表压) (中压)	4.0~8.0	填料吸收塔空塔气体速度	0.2~0.3 至 1~1.5
(车间内) 0.1kgf/cm ² (表压) 以下(低压)	3.0~4.0	膜式塔气体板间速	4.0~6.0
(外管线) 0.1~15kgf/cm ² (表压) (中压)	2.0~4.0	废气 低压 高压	20~30
(外管线) 0.1kgf/cm ² (表压) 以下(低压)	1.0~2.0		80~100
氮气 真空	15~25	化工设备排气管	20~25
1~2kgf/cm ² (绝压)	8~15	氢气	≤8.0
3.5kgf/cm ² (绝压)	10~20	自来水 主管 3kgf/cm ² (表压)	1.5~3.5
6kgf/cm ² (表压)以下	10~20	支管 3kgf/cm ² (表压)	1.0~1.5
10~20kgf/cm ² (表压)以下	3.0~8.0	工业供水 8kgf/cm ² (表压)以下	1.5~3.5
氯气 50~100kgf/cm ² (绝压)	2~5	压力回水	0.5~2.0
变换气 1~15kgf/cm ² (绝压)	10~15	水和碱液 6kgf/cm ² (表压)以下	1.5~2.5
铜洗前气体 320kgf/cm ² (绝压)	4~9	自流回水 有粘性	0.2~0.5
蛇管内常压气体	5~12	粘度和水相仿的液体	取与水相同
真空管	<10	自流回水和碱液	0.7~1.2
真空蒸发器气出口 (低真空)	50~60	在换热器管内水蛇管内低粘度液体	0.2~1.5 0.5~1.0
(高真空)	50~75	蛇管冷却水	<1
末效蒸发器气出口	40~50	石棉水泥输水管 φ50~250 下限	0.28~0.4
蒸发器 出气口(常压)	25~30	上限	0.9~1.5
石棉水泥输水管 φ600~1000 下限	0.55~0.6	往复式真空泵 吸入口	13~16
上限	2.2~2.6		最大 25~30
锅炉给水 8kgf/cm ² (表压)以上	>3.0	油封式真空泵 吸入口	10~13
蒸气冷凝水	0.5~1.5	空气压缩机 吸入口	<10~15
凝结水(自流水)	0.2~0.5	排出口	15~20
气压冷凝器排水	1.0~1.5	通风机 吸入口	10~15
油及粘度大的液体	0.5~2	排出口	15~20
粘度较大的液体(盐类溶液)	0.5~1	旋风分离器 入气	15~25
石灰乳(粥状)	≤1.0	出气	4.0~15
泥袋	0.5~0.7	结晶母液 泵前速度	2.5~3.5
液氨 真空	0.05~0.3	泵后速度	3~4
6kgf/cm ² (表压)以下	0.3~0.5	齿轮泵 吸入口	<1.0
10.20kgf/cm ² (表压)以下	0.5~1.0	往复泵(水类液体)	排出口 1.0~2.0
盐水	1.0~2.0		吸入口 0.7~1.0
			排出口 1.0~2.0

续附表 7-1-1

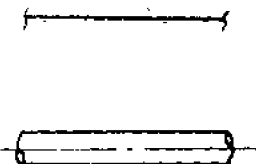
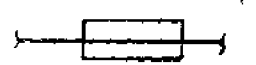
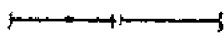
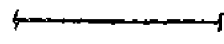
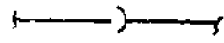

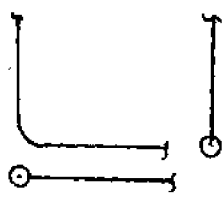
流 体 名 称	流速范围 m/s	流 体 名 称	流速范围 m/s
制冷设备中盐水	0.6~0.8	粘度 100cp 液体 ($\phi 25$ 以下)	0.3~0.6
泡罩塔液体溢流管	0.05~0.2	粘度 100cp 液体 ($\phi 25 \sim 50$)	0.5~0.7
过热水	2	粘度 100cp 液体 ($\phi 50 \sim 100$)	0.7~1
离心泵 吸入口	1~2	粘度 1000cp 液体 ($\phi 50 \sim 100$)	0.16~0.25
排出口	1.5~2.5	粘度 1000cp 液体 ($\phi 100 \sim 200$)	0.35~0.55
粘度 50cp 液体 ($\phi 25$ 以下)	0.5~0.9	粘度 1000cp 液体 ($\phi 50 \sim 100$)	0.25~0.35
粘度 50cp 液体 ($\phi 25 \sim 50$)	0.7~1	易燃易爆液体	<1
粘度 50cp 液体 ($\phi 50 \sim 100$)	1~1.6		

注:表中数据摘自化工工艺设计、热力管道设计与安装手册、化学世界等文献。

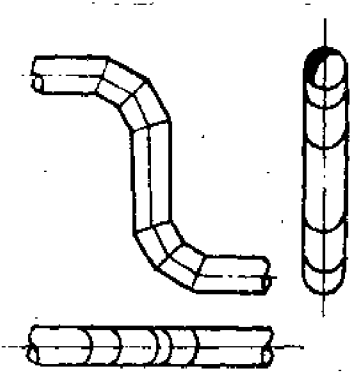
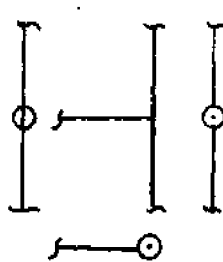
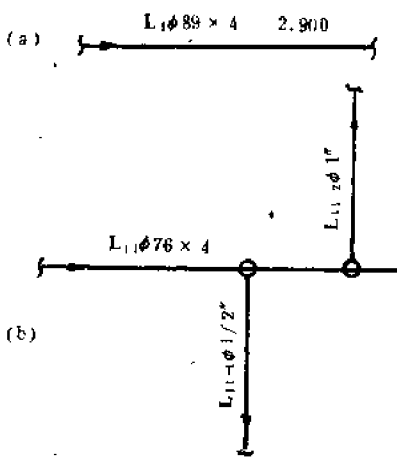
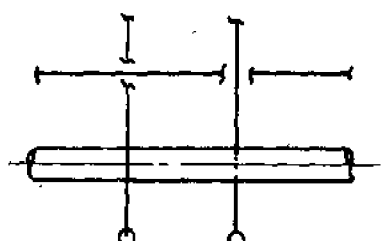
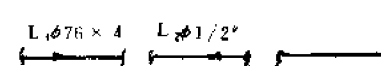
附录 7-2 管路及配件的常用画法

管路布置图中管路的常用画法见附表 7-2-1。关于管路及其零、配件的规定符号,详见《国家标准·机械制图(GB140~141-59)》。

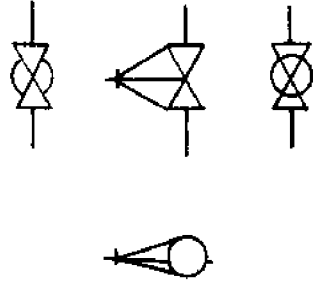
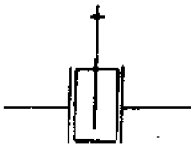


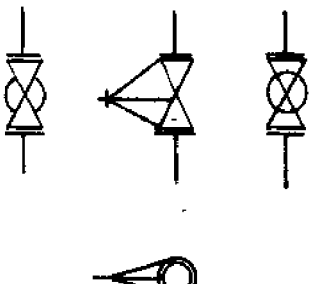


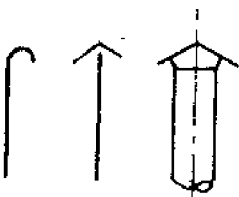
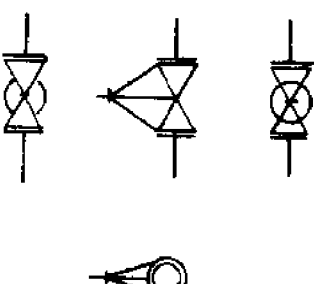


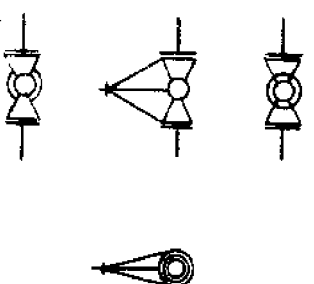

附表 7-2-1 管路的常用画法

序号	名 称	画 法	说 明
1	裸 管		单粗实线表示较小直径(例如 $\leq \phi 108$)的管路,双细实线表示较大直径(例如 $> \phi 108$)的管路。
2	保护管		例如保温管,若系全线保护时,可按裸管画出后加注保护说明。
3	管路连接	(a)  (b)  (c) 	(a) 法兰连接 (b) 螺纹连接 (c) 承插连接
4	大小头		即异径接头
5	弯 头		俯视图 中竖管断口画成圆,圆心画点,横管画至圆周;左视图中横管画成圆,竖管画至圆心

续表 7-2-1

序号	名称	画法	说明
6	虾米腰弯头		俯视图和左视图中虾米腰弯头的交线, 可用圆弧代替椭圆近似地画出。
7	三通		俯视图, 竖管断口画成圆, 圆心画成点; 横管画至圆周。 左视图, 横管断口画成圆, 圆心画点, 竖管画至圆周。 右视图, 横管画成圆, 竖管通过圆心。
8	编号、规格 的标注和 介质流向 箭头		(a)表示管路编号为 L_1 , 管材规格为 $\phi 89 \times 4$, 箭头表示介质流动方向; 在平面布置图中有时还标注水平管道的标高尺寸如 2.900。 (b) L_{11} 表示总管编号, L_{11-1} , L_{11-2} 表示支管编号。
9	管路投影 相交影		小直径管路(单线)与大直径管路(双线)的投影相交时, 小直径管路的可见部分画成实线, 不可见部分画成虚线。 小直径管路的投影相交时, 将可见的管路断开, 使被遮的管路显露出来。
10	管路投影 重合		

附表 7-2-2 管路配件的常用画法

序号	名称	图 例	序号	名称	图 例
1	截止阀 (螺纹连接)		5	插板阀	
			6	止回阀	
2	截止阀 (法兰连接)		7	盲板	
			8	放空管	
3	闸阀 (法兰连接)		9	管架	
					
4	球阀 (法兰连接)				
					

附录 9-1 总投资

总投资 = 基本建设投资 + 流动资金 + 建设期贷款利息。

总投资做为考核基本建设项目投资效益的依据。现将上述各项分叙如下：

一、基本建设投资

按国内习惯,工程项目的**基本建设投资**由下列三部分费用组成:

1. 工程费用。

包括主要生产项目,辅助生产项目,公用工程项目,服务性工程,生活福利和厂外工程的费用。

(1)主要生产项目是指直接生产产品的工程项目,包括原材料储存,产品的生产和包装、储存等全部工序,以及直接为生产服务的工程,如催化剂。空气分离、冷冻等工程和集中控制室等。

(2)辅助生产项目是指为生产间接服务的工程,如机修、电修、仪修、中央实验室、空压站、设备及材料仓库等。

(3)公用工程项目是指供排水、供电及电讯、,供汽、总图运输、厂区外管等。

(4)服务性工程包括厂部办公室、食堂、汽车库、消防站、气体防护站、医务站、哺乳室、倒班宿舍、浴室、厂前区、招待所等。

(5)生活福利工程包括宿舍住宅、食堂、托儿所、幼儿园、子弟学校、职工医院及其相应的设施等。

(6)厂外工程是指水源工程、厂外供排水管线、热电站、厂外输电线路、铁路、公路、厂外输油管线、原料管线等。

2. 其他费用。

其他费用有时也称为第二部分费用。主要包括征用土地费、青苗补偿费、建设单位管理费,研究试验费、生产职工培训费、办公和生活用具购置费、勘察设计费、供电贴费、施工机构迁移费、联合试车费、涉外工程的出国联络费等。

3. 不可预见费。

不可预见费有时也称作预备费。为一般不能预见的有关工程及其费用的预备费。一般指施工过程中的材料代用所发生的费用,修改设计所发生的费用和国家验收所发生的有关费用。其费用一般按工程费用和其他费用之和的一定百分比计。

二、流动资金

企业进行生产和经营活动所必需的资金称为流动资金,包括储备资金、生产资金和成品资金三部分。一般按几个月生产的总成本计。

三、建设期贷款利息

基建投资的贷款在建设期的利息,进入成本,以资本化利息进入总投资。该部分利息不列

入建设项目的概算,不计入投资规模。做为考核项目投资效益的一个因素。

附录 9-2 产品的生产成本

产品成本是指工业企业用于生产某种产品所消耗的物资和人员劳动。它是确定产品价格的重要依据之一,也是考核企业生产经营管理水平的一项综合性指标。产品成本包括以下内容:

一、原材料费

原材料费包括原料、主要材料及辅助材料费用。

$$\text{原材料费} = \text{消耗定额} \times \text{该种材料价格}$$

式中材料价格指材料的入库价。

$$\text{入库价} = \text{采购价} + \text{运费} + \text{途耗} + \text{库耗}$$

途耗指原材料采购后运进企业仓库之前在运输途中的损耗,它和运输方式、原材料包装形式,运输管理水平等因素有关。库耗指企业所需原材料入库和出库间的差额,库耗与企业管理水平等有关。

二、燃料费用

燃料费用的计算方法与原材料费用相同。

三、动力费用

$$\text{动力费用} = \text{消耗定额} \times \text{动力单价}$$

动力供应有外购和自产两种情况。动力外购指向外界购进动力供企业内部使用。如向本地区热电站购进电力等,此时动力单价除供方提供的单价之外,还需增加本厂为该项动力而支出的一切费用。自产动力指厂内自设水源地、自备电站、自设锅炉房供蒸气、自设冷冻站、自设煤气站等,则各种动力均须按照成本估算的方法分别计算其单位车间成本,作为产品成本中动力的单价。

四、生产工人工资及附加费

生产工人指直接从事生产产品的操作工人。工资附加费是指根据国家规定按工资总额提存一定百分比的职工福利费部分,不包括在工资总额内。因此,生产工人工资估算出总额后,应再增加一定百分比的工资附加费。

$$\text{生产工人工资及附加费} = \frac{(\text{某产品生产工人年平均工资} + \text{附加费})}{\text{某产品年产量}} \times \text{某产品生产工人人数}$$

五、车间经费

车间经费为管理和组织车间生产所需要的费用。如车间管理人员和辅助人员的工资及工资附加费,办公费、照明费、车间固定资产折旧费,大、中、小修理费,低值易耗品费,劳动保护费,取暖费等等。

工程项目在建设前期其车间经费的估算一般以车间固定资产为基数,通常分车间折旧费,大、中、小修理费和车间管理费三部分计算。

$$\text{车间折旧费} = \frac{\text{车间固定资产}}{\text{产品年产量}} \times \text{折旧率}$$

$$\text{折旧率} = \frac{1}{\text{项目寿命期年}} \times 100\%$$

$$\text{大中小修理费} = \frac{\text{车间固定资产}}{\text{产品年产量}} \times \text{修理费百分率}$$

$$\text{车间管理费} = \frac{\text{车间固定资产}}{\text{产品年产量}} \times \text{车间管理费率}$$

$$\text{车间经费} = \text{车间折旧费} + \text{大、中、小修理费} + \text{车间管理费}$$

六、联产、副产品费

化工生产中常有联产品、副产品与主产品按一定的分离系数产生出来。

联产品的成本分摊多采用“系数法”。系数是折算各项实物产品为统一标准的比例数,如反映主产品和联产品的化学有效成分含量的比例;耗用原料的比例;售价的比例;成本的比例等。可选择一项起主导作用的比例数作为制定系数的基础。

副产品费用通常可用副产品的固定价格乘以副产品的数量(从主产品的成本中扣除)。

七、企业管理费

企业管理费为企业管理和组织生产所需要的全厂性的各项费用。如企业管理部分人员的工资及附加费、办公费、研究试验费、差旅费、全厂性固定资产(除车间固定资产外)折旧费、维修费、福利设施折旧费、工会经费、流动资金利息支出和其他费用等。

一般估算的方法按商品、产品、车间总成本的比例分摊于产品成本中。企业内部的中间产品或半成品不计入企业管理费。

$$\text{企业管理费} = \text{车间成本} \times \text{企业管理费百分率}$$

$$\text{车间成本} = \text{原材料费} + \text{燃料费} + \text{动力费} + \text{生产工人工资及附加费} + \text{车间经费} - \text{联产、副产品费}。$$

八、销售费用

销售费用指销售产品支付的费用。包括广告费、推销费、销售管理费等。

销售费用可用销售额的一定百分比来表示,也常用工厂成本的一定百分比来表示。百分比的大小根据产品种类、市场供求关系等具体情况确定。

销售费用的计算如下:

$$\text{销售费用} = \text{产品销售额} \times \text{销售费用百分率} \quad \text{或} \quad \text{销售费用} = \text{工厂成本} \times \text{销售费用百分率}$$

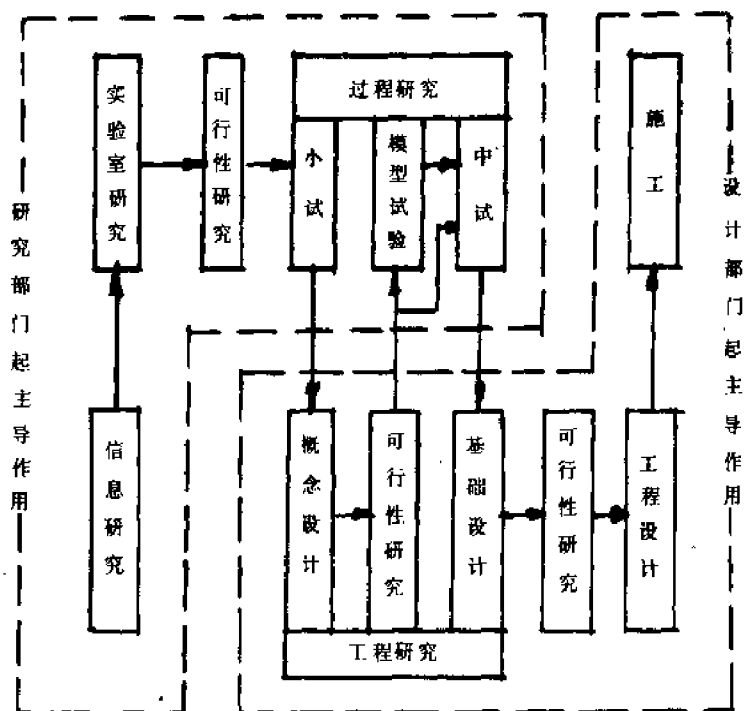
$$\text{工厂成本} = \text{车间成本} + \text{企业管理费}$$

以上 1~8 项相加,构成了产品的生产成本,通常称为工厂完全成本或销售成本。

附录 10-1 化工产品开发的基本步骤

化工产品开发的基本步骤可以用框图(见附图 10-1)表示。

由框图可见,有三次可行性研究将开发的全过程分割成四个阶段。第一阶段的内容是商品信息研究和实验室研究,均由化学工作者承担。第二阶段的内容包括小试和概念设计。在此阶



附图 10-1 化工产品开发的基本步骤

段中化学工作者与化工工作者合作,起主导作用的是化学工作者。第三阶段包括模型试验、中试和基础设计等内容也是由化学工作者与化工工作者共同承担,起主导作用的是化工工作者。第四阶段的内容为工程设计和施工,由化工工作者承担。根据研究部门起主导作用和设计部门起主导作用的范围将框图分成两部分(如附图 10-1 所示)。总之,新产品的开发是化学和化工工作者合作的结晶。现将各步骤分述如下:

一、信息研究

信息研究主要是经济方面的调查研究,其主要内容是市场对开发产品的需求量,开发产品与国民经济其他部门的关系,市场的前景,收益估算,社会效益以及环境污染情况等。除了经济方面的调研外,还要评估科研水平、社会条件及完成该项目的可能性。

信息研究是开发新产品的第一步,有关方面必须给以高度的重视,否则必将使后继的工作劳命伤财。

二、实验室研究

实验室研究包括四个内容:第一是对原料路线和生产路线进行调研。第二是对化学反应和反应条件的研究,例如转化率、选择率、主副反应的特点、催化剂的研究、反应条件的优选等。第三是半成品和产品的分析、测试。第四是为了获得合格产品应采用的分离方式。这四个方面内

容不是逐一完成的,而是交叉进行的。

实验室研究并非全部在实验室中完成的,也可以利用文献、手册等的直接经验和数据。

三、第一次可行性研究

第一次可行性研究是技术——经济——环境综合的可行性研究。

技术主要是指原料路线和技术路线的可行性、可靠性和先进性。原料路线的可行性和可靠性是很重要的,因为在化工生产中原料费约占生产费用的 2/3。为了降低生产成本,只要技术上可行,经济上合理,一般都采用粗原料或劣质原料。当然不论采用哪一种原料(包括能源)都必须有足够的、可靠的来源。技术路线的可靠性是指生产安全、操作简便、操作条件弹性大、生产环节少、不易出现故障等。技术路线的先进性是指各种技术指标如转化率、选择率、能耗、设备生产强度、劳动生产率等。

经济主要是指投资、人力、生产费用等支出同产品销售的收入作比较、估计可能获得的经济效益和投资的年回收率。

在环境方面,应评估三废治理程度及其对环境的影响。

通过技术、经济及环境的评估,作出该产品是否值得继续开发的决定。如果不值得,开发工作应立即停止;如果值得,便可向主管部门申请立项,进行下一阶段的开发工作。

四、小试

小试是第二阶段的第一步,也是在实验室中进行的。它与实验室研究的差别主要是要求不同。在工艺条件上,通过小试,要求研究得更加细致和具体;在规模上,小试比实验室的规模大一些;在原料上,应当使用生产时所采用的粗原料(如有必要还要进行化学反应前的预处理);在反应器的选型上,应根据实验室研究所得的知识,使用生产时所采用的反应器类型。在小试时,应认真观察,发现新问题,并通过改变操作方法和工艺条件来保持或提高反应的转化率和选择率等。此外,还需根据反应后物料的组成及其性质,选择对产品较理想的分离提纯方法。根据上述研究,编制出初步的物料衡算和能量衡算,并对生产过程中排放的三废提出治理的初步方案。

五、概念设计

概念设计又称为方案设计,设计人员把自己的工作经验与小试结合起来,进行生产规模的原则流程设计。它的具体形式是方框流程图。图中应包括物料衡算、能量衡算以及主要设备的选型等。设计人员编制概念设计时,需要从工程的角度作出一系列的选择和决策。当缺乏足够的依据时,需向小试工作者提出一系列问题并索取一系列数据。由于提出的问题往往是逐步深入的,所以编制概念设计和小试是交叉进行并且同时完成的。这种交叉既是化学工艺与化学工程的结合,又是开发对象与工程经验的结合。如果化学工作者具有一定的工程知识,就能理解设计人员提出问题的实质,主动配合,尽量满足设计人员的要求,促进这种结合。反之,如果缺乏这种素质,就不能充分显示出开发对象的特征,或者有重大的遗漏,导致概念设计的差错,使后继的开发工作步入歧途,造成人力、物力及时间的损失。

六、第二次可行性研究

第二次可行性研究有时称作方案论证,其内容与第一次可行性研究差不多。在此之前由于有了概念设计、物料衡算和能量衡算,对技术—经济的分析就比较准确。例如进一步估算工厂规模、投资费用、成本及经济效益等。

第二次可行性研究不仅要作出开发应该中止或继续的决定。而且还应对下阶段的工艺和过程的研究提出指导性意见,例如哪些环节可以采用现有的成熟技术,哪些环节需要引进或购买专利,哪些环节只需作粗略的研究,哪些环节需要作深入细致的研究等。有了这些指导性的意见后,就可对下阶段的研究拟定具体的计划。

如果继续开发第二次可行性研究可以作为同有关部门签定合同的依据。

七、模型试验

模型试验的任务,对于数学模型法是建立数学模型,对于部分解析法是找出放大的规律。

建立化学动力学模型,主要是在实验室研究的基础上进一步探讨化学反应的机理,搞清楚哪一些因素重要,哪一些因素次要,哪一些因素甚至可以忽略。然后,在这个基础上,进行合理简化,模拟反映实际情况的化学动力学模型。

建立流动模型是通过冷模试验实现的。冷模试验的装置是大型的,其尺寸至少是实验工厂规模的。冷模试验只研究传递过程,不进行化学反应,所以叫作冷模。它可以用空气代替气体,用水代替液体,用黄沙或某些廉价的颗粒物料代替固体,向气体或液体注入示踪剂,然后在装置的出口处或装置的特定部位监测示踪剂浓度的变化,并据此建立气体或液体物料状况的数学方程,即流动模型。

有一些传递过程如流体在管内的流动、在颗粒床层中的流动,一般的传热过程和吸收、蒸馏等过程,它们的放大方法,可以通过准数关联式、物料衡算式,能量衡算式以及理论级的计算等来解决,因此没有必要作冷模试验。

有一些化学反应过程也不需要作冷模试验,因为它们所用的反应器基本上是理想反应器。理想反应器的流动模型已经作了充分研究,可以直接引用其数学表达式。

八、中试

中试是中间试验的简称,所谓中间试验是介于小试和生产之间。中试的性质,属于实验工厂性质。它所用的装置、原材料、机械、仪表等不属于实验室类型,而是工厂类型。中试规模,小的,每日产量只不过几十公斤,大的也可以是几吨、几十吨。对于逐级放大法,如果拟开发产品的生产规模很大,显然需要进行若干次逐级放大的中试。这样的中试,既有试验的意义。又有生产的意义。所谓试验的意义是指从实验中获得必要的经验教训,在下一级放大时,有所改进。所谓生产的意义,是将中试产品推向市场,扩大其影响和应用,征求用户的意见,改进产品的性能指标。对于数学模型的中试,其目的只是为了验证数学模型的准确性,并据此对所建立的数学模型进行修正。中试的规模,只要能体现其传递过程的特征,能够准确测出物料的组成、浓度、温度等在关键处的微量变化即可。为了节省费用,在能实现上述目的的前提下,力求规模小一些。

化工生产包含许多化工过程,中试的范围根据中试的目的,也有很大的出入。对于数学模

型法,其主要目的是验证和修改化学反应过程的数学模型。因此,其他化工过程,一般都不进行中试(个别除外)。对于逐级放大法,因为比较强调其生产的性质,中试范围所涉及的化工过程是比较齐全的。当然,有时为了节省费用,可以购买某些中间产品进行中试,正式建厂时,再进行中间产品的生产。对于某些化工过程还可以通过引进或购买技术来解决。总之,逐级放大与数学模型法的中试在目标和作法上有很大的差别。

中试的要求除了工艺条件的研究之外,在数学模型法中对模型要进行验证和修正,还要对材质在反应条件下,进行长期运转的耐腐蚀性试验;观察和解决在较长时间的运转中杂质是否积累,是否影响反应结果和产品质量;提出物料的综合利用和三废治理的措施。最后在中试总结报告中提出带控制点的工艺流程图,工艺参数、物料衡算和能量衡算的数据等。

九、基础设计

基础设计有时称作扩(大)初(步)设计。它是根据中试结果而进行的生产规模的全面的设计,是工程研究的终结,也是开发研究成果的表现形式。基础设计包括以下几方面:工艺方面如工艺流程图,主要环节的操作条件、物料衡算、能量衡算、仪器控制及取样点;设备方面如装置的型号或结构、尺寸、装置和管线的材料;经济方面如厂房、土地、能耗、生产费用,人工、成本,收益等。

十、第三次可行性研究

第三次可行性研究有时称作扩初设计审定。因为它是在基础设计之后进行的,与前两次可行性研究比较,具有高度的准确性和可靠性。第三次可行性研究,应在中试总结报告的基础上进行的,着重在工程投资和经济效益方面作出详细的评价。如有可能,还应对该产品在未来的若干年内的发展趋势作出科学的预测。第三次可行性研究除了科研人员和行政领导参加外,凡是与工程审批有关的部门(如投资部门,安全部门等)都应参与审定。审定以后,工程项目被批准,同时商定拨款计划,然后转入工程设计。

十一、工程设计

工程设计是根据概念设计作进一步的具体、完善的设计。它包括定型设备的规格,非标设备的结构图,零件图以及平面图,立面图其他等。上述设计完成后,还要进行管路安装、电路、控制线路等施工设计。

十二、施工

经过工程设计,得到一系列设计成品,可以进行施工前的准备工作(如购置定型设备、联系非定型设备的加工单位、订购各种材料、联系施工单位等)。接着是厂房施工,机器设备就位,工艺配管、水、电、气等工程安装。经过全面施工后,生产系统已经建成。然后经试车、试生产及正式投入生产等步骤,化工产品的开发工作即告结束。

附录 10-2 工艺设计中应考虑的安全事项

一、物料

1. 闪点；
2. 可燃性范围；
3. 自燃温度；
4. 组成；
5. 稳定性(对冲撞敏感否)；
6. 毒性；
7. 腐蚀性；
8. 特殊的物理性质；
9. 燃烧热或反应热。

二、工艺

1. 反应器

- | | |
|----------------|--------------------|
| (1)放热——反应热； | (4)污染程度； |
| (2)温度控制——紧急系统； | (5)非常浓度的效应(包括催化剂)； |
| (3)副反应——危险否？ | (6)腐蚀性。 |

2. 压力系统

- | | |
|----------|------------|
| (1)有何要求； | (4)泄压； |
| (2)设计规范； | (5)安全放空系统； |
| (3)结构材料； | (6)阻火器。 |

三、控制系统

1. 控制失灵；
2. 备用电源；
3. 对关键变量(高或低)报警及自动跳闸；
 - (1)温度；
 - (2)压力；
 - (3)流量；
 - (4)液面；
 - (5)组成。
4. 对关键变量的备用系统；
5. 遥控阀；
6. 关键管线的切断阀；
7. 过流阀；
8. 防止操作失误的连锁系统；
9. 自动停车系统；

四、贮存

1. 限量；
2. 惰性气体吹扫或覆盖；
3. 浮顶罐；
4. 筑堤堰；
5. 装置的装卸；
6. 接地；
7. 火源(车辆)。

五、其他方面

1. 电气规范；
2. 照明；
3. 防雷；
4. 下水及排水；
5. 车间及厂区的粉尘；
6. 杂质的积累；
7. 工厂布置：
 - (1)单元的分隔；
 - (2)通道；
 - (3)控制室及办公室的位置；
 - (4)服务系统；
 - (5)淋浴及洗眼设施。

六、防火

1. 事故用水的供给；
2. 消防水总管及消防栓；
3. 泡沫消防系统；
4. 洒水灭火系统和集水系统；
5. 构筑物的隔热和保护；
6. 建筑物的通道；
7. 消防设备。

附录 10-3 环境保护和污染治理

随着化学工业的发展,三废(废气、废液及废渣)的污染和治理,已成为人们越来越关注的课题之一。

化学工业是污染较严重的部门。从原料到成品,从生产到使用,都存在着环境污染的因素。许多化学品直接危害人体和生物体的健康。污染物与癌症发病率的联系越来越引起人们的注意。据报导,人类癌症的60%—90%是环境因素造成的。污染大气的多环芳烃、石棉粉以及神、铬等粉尘可引起呼吸道系统的癌症。多环芳烃、亚硝胺等可通过水污染引起消化道等系统的癌

症。长期接触煤焦油、沥青、矿物油和砷化物等可诱发皮肤癌。随着合成化学品的不断涌现,致癌的化合物越来越多。一些主要致癌物见附表 10-3-1。处理这些污染物已成为化工生产中的关键问题。一般新建的化工厂在落实计划之前必须做好环境保护的可行性研究。环境保护工程和主体工程应同时设计,施工和投产。对原有的企业,要控制已存在的污染物,科学治理,达到国家规定的排放标准。与此同时,要综合利用工业废弃物变害为利,变废为宝。

附表 10-3-1 人体致癌物主要类型

类 型	致癌物举例	所致癌症
无机化合物	砷、铍、钴、镍、石棉等	糠基镍致肺癌、鼻腔癌,铍对肺、骨骼致癌,石棉对呼吸道致癌。
芳烃	多环芳烃,如 3,4-苯并芘、1,2,5,6-二苯并蒽等	引起皮肤癌、肺癌、消化道癌、子宫癌等
芳香胺、硝基和偶氮化合物	2-萘胺、联苯胺 4-氨基联苯等	诱发膀胱癌、肾孟癌、肝癌等
有机氮化合物、杂环化合物	8-羟基喹啉,吡啶,硫脲,异烟肼,二苯吡唑等亚硝基二甲胺等	有致癌作用
亚硝胺类	亚硝基二甲胺等	诱发胃癌、肝癌、口腔癌、肺癌等
有机氟化合物	艾氏剂等,氯乙烷,多氯联苯	艾氏剂可诱发肝癌等
天然化合物	黄曲霉素等	诱发肝癌等

在化工生产中环境保护和污染治理,主要从以下几方面着手。

1. 控制污染源。采用少污染或不污染的工艺和原料路线,代替污染程度严重的路线。例如氯碱工业中用水银电解法生产高纯度烧碱的工艺,是造成汞污染的主要原因之一。用离子交换膜法电解,既可得到高纯度的烧碱,又可消除汞的污染,是氯碱工业当前的重要趋向。在基本有机合成工业中,采用乙炔路线经常用到汞催化剂。为了排除污染,用非汞催化剂代替,已受到广泛关注。但是,乙烯路线则很少用到汞催化剂。制备染料时曾用汞作蒽醌磺化反应的定位剂,如蒽醌制四氯蒽醌;改用碘催化后既简化了工序,又避免了含汞污水。硫酸工业中采用两转两吸工艺,使二氧化硫转化率达到 99.5%,尾气中二氧化硫浓度小于 200—500ppm 达到规定的排放标准,可以直接排放。

2. 改革有污染的产品或反应物品种。典型实例如农药工业,停止含汞农药和六六六、滴滴涕的生产,用多菌灵[N-2-苯并咪唑基-氨基甲酸甲酯]、杀虫脒[N-2-甲基-4 氯苯基-N,N'-二甲基甲脒盐酸盐]等代替。在有机磷农药方面则用低毒品种取代高毒品种。在染料和中间体生产中,用不致癌的联苯胺衍生物代替苯胺等。在三聚氰胺 甲醛树脂生产中,以往用氰化钙为原

料,经又氰胺再制三聚氰胺。在此过程中有含氰废水和氰化物残渣生成。用尿素合成三聚氰胺就没有明显的污染。三聚氰胺-甲醛树脂适当地用尿素-甲醛代替,可减轻含氰排放物的污染。

3. 排料封闭循环。化工生产中可以采用循环流程来减少污染和充分利用物料。采用氨碱法生产碳酸氢钠时有大量氯化钙废液排出,如果改用联合制碱法,食盐中的氯离子被用来生产氯化铵,消除了氯化钙的污染。再如国内小型硫酸厂原来采用的水洗净制工艺,每生产 1t 硫酸要排含酸、氟、砷的污水 10—15t,污染严重。之后改用稀酸洗涤、闭路循环后,减少了排放含酸污水。值得注意的是,在采用闭路循环时,要考虑到杂质积累对操作和产品的影响。

4. 改进设备结构和操作。在苯酐生产中,常采用箱式薄壁冷凝器,利用空气自然冷却,由于传热系数低、冷凝不完全,有一部分邻苯二甲酸酐和顺丁烯二酸酐随废气逸出,污染大气,同时冷凝器卸料时苯酐晶片飘尘污染操作环境。改用热熔冷凝器后,以矿物油为载体,周期地通冷油冷凝苯酐,通热油熔化凝结物,且过程可以自动进行,减轻了劳动强度并改善了操作条件。同理,包装自动化和设备清洗机械化(如用高压水洗)也改善了环境卫生。当冷凝蒸气中含有害杂质时,用间接冷凝代替直接冷凝,可减轻水质污染。另外,改进锅炉的燃烧条件和炉型,再添除尘装置(旋风除尘,电除尘等),可以明显地消除烟尘污染。

5. 减少或消除生产系统的泄漏。为达此目的提高设备和管道的严密性,减少机械连接,采用适宜的结构材料并加强管理等。

6. 控制排水,清污分流,有显著污染的废水与间接冷却水分开。根据工业废水的具体情况,经处理后稀释排放或循环使用。间接冷却用水经降温后循环利用。现代工业冷却用水占总用水量的比例很大,例如炼油厂冷却用水占全部用水的 82%—97%。一座处理 300 万吨原油/年的炼油厂,当采用直流用水系统时,每小时耗水量多达 10,000m³,当采用循环冷却时,只需 600m³。若部分设备采用空气冷却等措施,用水量还可减少。

7. 回收和综合利用是控制污染的积极措施。例如用含少量有害物质的废浓硫酸清洗钢铁或生产磷肥,再用硝酸氧化含有机质的废酸后循环利用;也可以将废酸热分解生成二氧化硫重新制酸。在合成氨生产中,制气时硫和二氧化碳都已回收利用。含氰废水中的氰化氢用蒸气吹出后,也可回收制成亚铁氰化钾(黄血盐)。水银法电解食盐水时解汞室生成的氢和碱液都要经过处理,回收汞等。

总之,应采取一切有力措施,利用先进的科学技术,加强管理,从根本上治理污染,使化学工业得到更迅速的发展。

附录 10-4 工厂总平面设计步骤和图纸内容

一、设计准备

在总平面设计工作开始之前,一般须具备下列条件:

- (1) 有关部门下达设计任务书或国家计划。
- (2) 厂址选择,一般可能有以下情况:1)与有关部门一起确定厂址。2)在已定的厂址中进行设计,如在总平面设计过程中,发现厂址不合理,须改变厂址。
- (3) 收集有关建厂条件的基础资料,并对有关部门所提出的资料作必要的核实和补充。
- (4) 工艺设计部门提供的有关资料,如工厂组成、工艺流程、运输量和运输工具、车间人数、

车间特点和分期建设要求,与其它厂的协作关系以及三废(气、液、渣)处理等。

(5)对同类工厂作调查研究。

(6)地形测量图。比例:1/500、1/2000、1/5000、1/50000等(地形图的比例一般按工程规模、地势条件确定)。

(7)了解当时当地的施工条件。

(8)取得必要的地质钻探资料。

二、设计阶段

总平面设计必须遵守一定的设计程序;一般应按初步设计和施工图设计两个阶段进行设计。有些简单的小型项目;可根据情况,简化初步设计内容。

编制总平面设计文件时,应符合国家的方针政策,安全、适用、技术先进、经济合理等。

应该指出,在编制正式初步设计之前,应先从方案开始,这是做好总平面设计中一项很重要的工作,是总平面设计能否作好的关键。所以,要分析和比较几个不同方案,广泛征求意见,才能确定较好的方案。

(1)方案:主要是考虑一些原则问题。例如:厂区方位,建筑物的相对位置;厂区交通运输路线以及与厂外的联接关系;竖向布置上的考虑,给水、排水、供电等方面的落实。考虑总平面布置方案,通常是根据工艺设计提供的资料,把厂区的主要建、构筑物的平面轮廓剪成纸片,在地形图上试排几种认为可行的方案,描在图纸上,然后进行分析比较,并经过有关人员讨论和领导审查后,从中选出比较理想的方案。但是,工艺设计提供的资料,并不是一成不变的。在安排总图布置的过程中,如改变某些工艺设计,可使总平面图设计更趋合理,就应与工艺设计人员共同协商,调整工艺布置。

做方案的思考过程是:先全盘规划,后分区具体安排;先根据生产工艺流程布置主要车间,后布置次要的辅助车间;在安排建筑物、构筑物的位置时,铁路、排水、道路、管线系统等应有机地配合,同时考虑;在安排近期建设工程的同时,须考虑远期发展的可能。当山区地形比较复杂时,可先结合地形布置车间,再调整朝向和建筑物的外形。从平面到竖向布置应同时进行。考虑问题虽有先后,但不是截然分开,而是相互交叉的。方案经过反复调整和修改,逐步趋于完善。

(2)初步设计:是在诸方案比较的基础上提出的方案设计图纸,与编制的文件一起供正式审批用。批准后的初步设计是进行主要设备、材料订货、征用土地、估计工程量、场地施工准备和编制施工图的依据。

(3)施工图:根据审批后的初步设计编制。施工图是为现场施工服务的,图纸应表达施工和设计的要求。图纸应完整、正确、简明、清晰、交待清楚、没有差错、便于施工人员阅读。

为了作好施工准备工作,可先提供未全部完成的总平面布置图,供布置施工组织、永久性建筑道路及临时施工道路。防止乱修道路、乱开土石方破坏地貌,避免土方的二次搬运。

如厂区面积大,可分区出图。工程有先后,也可分期出图。

应该注意,施工图上的定位、定线,往往与现场实际有出入,需要核实,如有不切合实际的情况,须在图纸上调整。

三、图纸内容

1. 初步设计:

(1) 设计说明书内容:

- ①设计依据:厂区地形坡度、绝对标高系统、地质构造和分层情况、水文情况等。
- ②总图布置方案的确定:根据生产和使用性质、特点和工艺流程说明总平面布置原则、功能分区和相互关系,并说明运输系统情况。对竖向布置、标高、防火、卫生、场地排水等也应详细论述。

③厂内外运输方案的确定:提出周转运输、铁路运输等的设计方案。

④估计土方平衡、改地造田、房屋拆除、砍伐树木等工程量。

⑤简述存在的主要问题。

(2) 图纸内容:

①厂区位置图(1/2000~1/5000):a. 风玫瑰图、厂区附近各主要建筑和住宅区位置。b. 等高线、城市坐标网,以相对坐标网表示厂区转角坐标。c. 原有铁路线、车站、河流、道路及设计的运输线路及编组站(注意坐标高程系统的统一)。d. 各主要管线的方向和位置。e. 与工厂有关的各项附属场地理位置和其运输路线。

②总平面布置图(1/500, 1/1000, 1/2000):a. 等高线、坐标网。b. 风玫瑰图、建筑红线、厂区建筑坐标网。c. 道路、铁路的平、剖面(纵横)布置图并注上设计标高及纵向坡度。d. 所有建筑物、构筑物 and 堆场的平面位置、名称、竖向布置、地面标高、层数及主要建筑物的坐标。e. 主要技术经济指标。

2. 施工图图纸内容:

(1) 总平面布置图(1/500~1/1000):

- ①地形(地形等高线、风玫瑰图、原有建筑)、设计坐标网(注明与城市坐标网的关系)。
- ②建筑物、构筑物、露天堆场位置坐标、道路及地坪坐标、名称,建筑层数以及厂区转角坐标。
- ③道路、铁路线布置。平面、纵剖面、横剖面图,有水运时,须有码头设计图纸。
- ④厂区四周及厂内分区围护设施,以及绿化布置。
- ⑤竖向规划、排水设施(如地形复杂须作出厂区剖面图,必要时,单独绘制竖向布置图)。

(2) 管线综合平面图(当管线复杂时才出图)。比例与总平面布置图相同。局部剖面用 1/200~1/100。

(3) 道路设计图(当地形比较复杂时才出图,一般可作道路剖面,画在总平面布置图上。厂外专用铁路、道路须另出整套施工图。

(4) 有关详图(如围墙、围墙大门等)。

附录 10-5 运 输 系 统

一、运输方式的选择

厂内外运输方式应根据工厂的货运数量、货物流向、货物性质、货物(包括超限、超重的设备)的单件重量和尺寸以及工厂所在地区的交通运输条件等因素决定。

具备水运条件(指能适应货物流向要求、有适当水深的航道和适宜建造码头的地点等条件)的地区,应该首先考虑采用水路运输。对有大宗原料、燃料和成品运输以及有超限、超重单件设备的化工厂来说,水运具有投资少,运费便宜和运输便利等优点。

在没有水运条件的地区,工厂运输宜采用陆路运输。

具备下列条件之一,并根据货运量、流向、货物性质及修建铁路的工程量等因素,经过方案比较,可采用铁路运输:

1. 一般年运量重车方向大于六万吨或双方向大于十万吨者;
2. 有特殊需要者(如油品运输和大件运输等);
3. 年运量未达到规定,但专用铁路接线长度小于一公里,接轨条件较好且取送车方便者。

二、水运技术条件

码头位置应选在平直河段或凹岸和岸坡稳定的地段。码头的型式有岸壁式、斜坡式、趸船式和墩式等多种型式。码头的型式应根据河道的水位变化情况,所采用的船型、吞吐量以及装卸机械等因素确定。

码头的水域应满足船舶航行、回转、泊稳、停靠和装卸作业的要求。

码头的陆域应高出最高洪水位,并有相应的腹地以满足装卸作业和贮运设施的布置要求。

码头岸线的长度根据泊位数计算决定。泊位数取决于货物吞吐量(按通航季节最大月货运量计算),采用船型和装卸能力等因素:

$$N(\text{泊位数}) = \frac{Q(\text{最大月吞吐量}, t)}{B(\text{一个泊位月通过能力}, t)}$$

$$B(\text{一个泊位月通过能力}, t) = \frac{V(\text{采用船型的载重量}, t) \times T(\text{月工作小时数})}{T(\text{装卸一条船所需小时数})}$$

$$L(\text{码头岸线长度}, m) = N(\text{泊位数})[L(\text{采用船型长度}, m) + \alpha(\text{船舶间富裕长度})]$$

α —— $<1000t$ 的船为 5~10m

码头宽度取决于所采用的装卸设备、运输车辆以及货物周转、堆放,所需的面积。对中小型工厂来说,宽度可取 6~9m。

三、铁路运输技术条件

工业企业的铁路分为厂外线和厂内线,厂外线是指和全国铁路网或其他企业连接的铁路。厂内线是指企业内部运输的联络线、装卸线等。

1. 厂外线铁路等级:

铁路等级	重车方向货运量,万吨/年
I	400 以上
II	150~400
III	150 以下

运营期限不满 10 年的企业铁路、不分等级,应按限期使用铁路的有关规定设计。

2. 厂外线路的最大纵坡:

铁路等级	限制坡度,‰	
	蒸气牵引	内燃,电力牵引
I	15	20
II	20	25
III	25	30
及限期使用铁路		

3. 厂外线的平面曲线:

铁路等级	最小曲线半径,m	
	一般地段	困难地段
I	600	350
II	400	300
III	300	200
及限期使用铁路		

4. 厂内货物装卸线一般设在平直道上。困难地段可设在不陡于 2.5‰的坡道上及半径不小于 500m 的曲线上。在特殊困难的地段,可设在半径不小于 200m 的曲线上。

四、公路运输技术条件

1. 厂外道路分级:

等级	年平均昼夜交通量,辆
一级	5000 以上
二级	2000~5000
三级	200~2000
四级	20~200
辅助道路	20 以下

2. 厂外道路技术条件:

道路等级		计算行车速度 km/h	路面宽度 m	最小平曲线半径 m	最大纵坡 %
一级	平原、微丘	120	2×7.5	600	4
	平原、微丘	80	9	250	5
二级	山岭、重丘	40	7	60	7
	平原、微丘	60	7	125	6
三级	平原、微丘	30	6	30	8
	山岭、重丘	40	6	60	6
四级	平原、微丘	20	6	15	9
	山岭、重丘				
辅助道路		15	3.5	15	9

3. 厂内道路计算行车速度一般为 15km/h。

路面宽度： 主干道一般为 7~9m

次干道一般为 6~7m

支 道一般为 3.5~4.5m

厂内道路最小平曲线半径为 15m。交叉路口最小转弯半径为：

行驶车辆类别	最小转弯半径, m	行驶车辆类别	最小转弯半径, m
载重 4~8t 汽车	9	载重 15~25t 平板挂车	15
载重 4~8t 汽车 (带 3t 拖车)	12	载重 40~60t 平板挂车	18

厂内道路最大纵坡：

主干道	6%
次干道	8%
支道及车间引道	8%

4. 有大量自行车通行的厂内道路,纵坡一般小于 2%,最大纵坡不应大于 4%。坡段的长度限制如下:

纵坡, %	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
限制坡长, m	400	300	200	150	80

5. 专供电瓶车或内燃叉车行驶的道路:

指标	单位	电瓶车	内燃叉车	
			≤ 3t	5t
计算行车速度	km/h	8.0	15	15
单车道路面宽度	m	2.0	2	3
双车道路面宽度	m	3.5	4	6
最小转弯半径	m	4.0	4	6
最大纵坡	m	4.0	8	8

6. 沿主干道设置的人行宽度一般为 1.5m, 其它人行道宽度一般不小于 0.75m。当人行道宽度超过 1.5m 时, 宜按 0.5m 倍数递增。

主要参考文献

- [1] 国家医药管理局上海医药设计院编:《化工工艺设计手册》, 化学工业出版社, 1986。
- [2] 李应麟等编:《化工过程的物料衡算和能量衡算》, 高等教育出版社, 1987。
- [3] 华东化工学院机械制图教研组编:《化工制图》, 高等教育出版社, 1986。
- [4] 上海市化学工业局设计室编:《3000 吨型合成氨厂工艺和设备计算》, 化学工业出版社, 1979。
- [5] 江苏省化工设计研究院等编写:《小氮肥厂工艺设计手册》, 石油工业出版社, 1977。
- [6] 同济大学建筑学教研室、上海工业建筑设计院:《工厂总平面设计》, 中国建筑工业出版社, 1979。
- [7] 丁浩等编著:《化工工艺设计》, 上海科学技术出版社, 1964。
- [8] 傅启民编:《化学工程》, 中国科学技术大学出版社, 1992。
- [9] Sinnott K R An Introduction to chemical Engineering Design, First edition, pergamon press, 1983。
- [10] 傅启民编制:《湖北省监利县年产 3000 吨食用植物油厂设计》, 1985。
- [11] 傅启民编制:《安徽省来安县年产 600 吨 无水粘合剂厂设计》, 1992。
- [12] 傅启民:《年产 20 吨对苯二胺中试车间设计及试验》, 《安徽化工》, 1993 年第一期。
- [13] 傅启民:《河南省项城县年产 50 吨 2-淀粉酶中试车间设计及试验》, 《安徽化工》, 1993 年第三期。

