

工程实践系列丛书

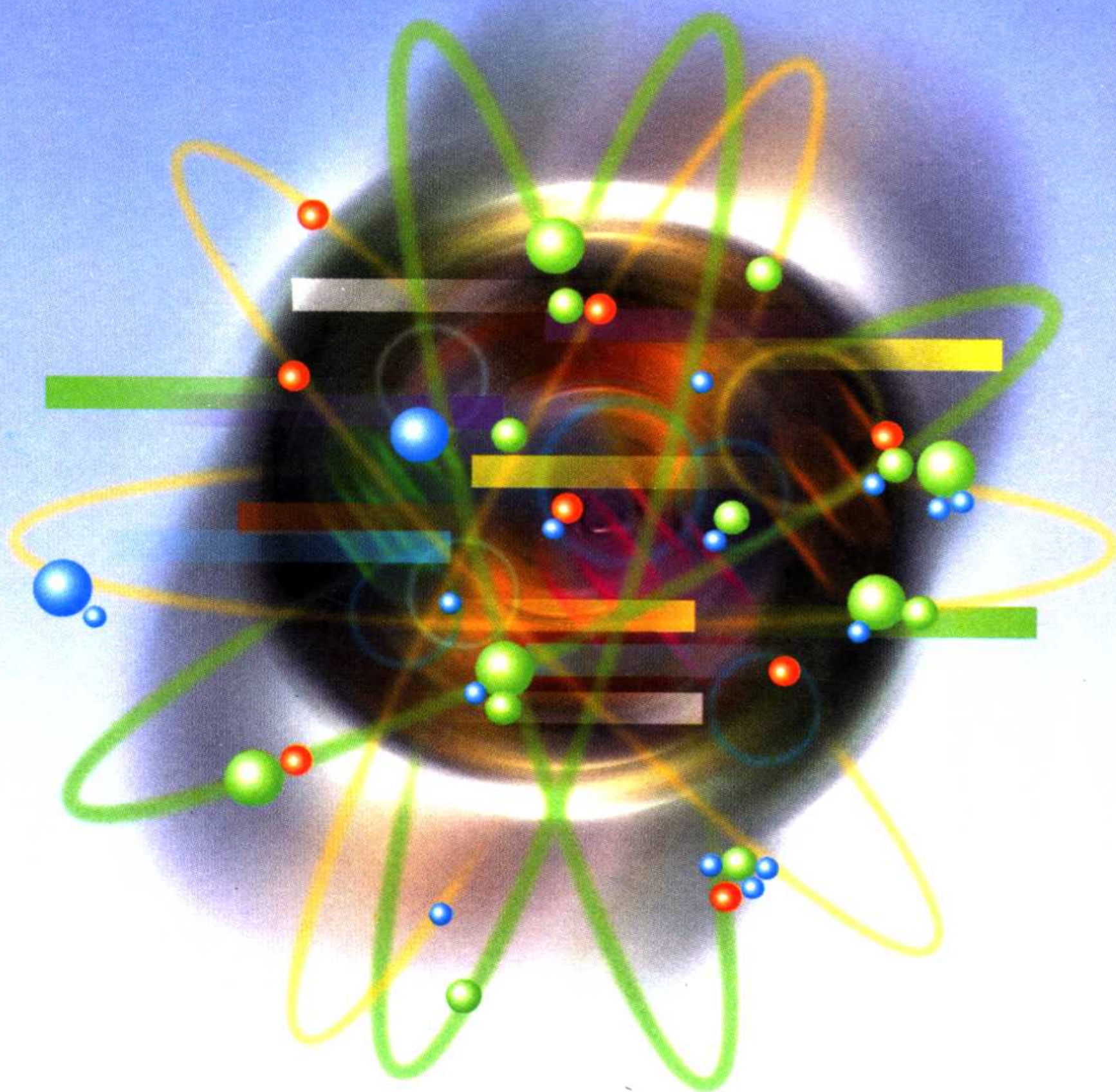
化工认识实习教程

HUAGONG

RENSHI

SHIXI JIAOCHENG

■蒋登高 主审
雒廷亮 任保增 刘常进 刘国际 编著



郑州大学出版社

工程实践系列丛书

化工认识实习教程

蒋登高 主 审

雒廷亮 任保增
刘常进 刘国际 编 著

郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

化工认识实习教程/雒廷亮等编著. — 郑州: 郑州大学出版社, 2002. 6

(工程实践系列丛书)

ISBN 7-81048-601-2

I. 化… II. 雒… III. 化学工业-实习-高等学校-教材 IV. TQ-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 029968 号

郑州大学出版社出版发行

(郑州市大学路 40 号)

邮政编码: 450052)

出版人: 谷振清

全国新华书店经销

河南东方制图印刷有限公司印制

开本: 850 mm × 1 168 mm

1/32

印张: 9.5

字数: 221 千字

印数: 1 ~ 6 120 册

版次: 2002 年 6 月第 1 版

印次: 2002 年 6 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-81048-601-2/O · 7

定价: 14.80 元

内容提要

本书是根据教育部《面向 21 世纪“化学工程与工艺”专业培养方案》对工程实践环节的要求编写的化工工程实践系列丛书之一。

全书共分 7 章,对实习的安全问题、化工单元操作过程及设备作了简要介绍;针对实习基地的具体生产工艺技术,对其主要产品生产的工艺原理、流程及设备等进行了分析与叙述,并配有思考题,以便了解各化工单元操作过程及设备在实际生产过程中的应用情况;同时选择离心泵、热交换器、精馏、吸收 4 个典型的单元操作过程进行计算机仿真实习,以弥补实习现场不能动手调节的不足,加深学生对典型过程的深入了解,提高实习效果。

本书主要作为化工类本科学生认识实习教材及其他类型参考教材,也可作为同类生产企业职工的培训资料。

序

工程实践是工科专业教学环节的重要组成部分,不仅可以培养学生的科学实验能力和工程实践技能,更是启迪学生创新思维,培养学生开拓、创新能力的重要方法和途径。该套丛书包括《化工认识实习教程》、《化工生产实习教程》、《化工实验教程》、《化工设计教程》四部分,可谓从不同的角度适应了上述工程实践教学环节的需要。

该套丛书根据化工类学生的培养目标和教学大纲的基本要求,针对不同的教学阶段,结合典型化工产品,从反应原理、合成工艺、单元操作、主要设备等角度出发,系统介绍了化工产品的实验研究、技术开发、化工设计、工业生产等基本过程及其新近发展的有关基础理论和关键技术等问题。特别是丛书中还引进了高效现代化教学手段——仿真技术,对于改进学生的思维模式,强化学生的工程意识和动手能力,提高学生分析和解决实际问题的综合能力,培养学生严谨的科学作风等均可收到较佳效果。

鉴于目前国内化工工程实践方面的系列丛书较少,相信该套丛书的出版将会对我国化工类实践性教学环节的改革和发展、教学质量的提高起到一定的促进作用,编著者所付出的辛勤劳动,将会收获丰硕的果实。

蒋登高

2002年3月23日

前 言

《化工认识实习教程》是根据教育部 1998 年 4 月《面向 21 世纪“化学工程与工艺”专业培养方案》的“厚基础、宽专业、重实践”的总体方针,及建设化工专业实验、设计、实习样板基地的具体要求而编写的。

化工认识实习,是化工类各专业学生认识与了解化工生产过程及设备的重要实践环节,目的在于使学生对化工生产过程及设备建立起感性认识,为后续化工类课程的学习奠定基础。

本教程以开封化工集团(有限公司)生产工艺过程为背景编写。该集团是始建于 1958 年的中型化工企业,1960 年年生产能力 4 万吨的硫酸装置投入生产,1964 年年生产能力 3 万吨的合成氨装置投入运行。经过几十年的不断建设与改造,产品规模不断扩大,品种不断增多,现在合成氨年生产能力为 12 万吨,硫酸为 24 万吨,主要产品还有精甲醇、硝酸、硝酸铵、硝酸磷肥、硫酸钾、锌锭、氧化锌、氯磺酸及催化剂等 50 多个品种。生产工艺过程包含了气体的压缩与输送、液体的升压与输送、固体粉碎与输送、物料的加热与冷却、真空过滤、离心分离、吸收、精馏、萃取、蒸发、结晶及喷射造粒等几乎全部的单元操作过程及设备,同时还涉及了多个化学反应过程。十多年的教学实习证明,开化集团确实是一个良好的实习基地。

仿真实习技术是以计算机为工具,用模拟工厂操作与控制或工业过程与设备的动态数学模型代替真实工厂进行教学实习的一门新技术,是一种国际公认的高效现代化教学手段,因此本书也选

择了部分典型单元过程进行计算机仿真实习,作为现场实习的完善与补充。

本书共分7章,第一章与第二章首先对实习的安全问题、化工单元操作过程及设备作了概要介绍,目的在于提高学生的安全意识,并使学生对各化工单元操作过程及设备的功能与作用有一个简要的了解。第三、四、五、六章主要针对实习基地的实际生产工艺技术,对合成氨、联醇、硫酸、硝酸、硝酸铵及硝酸磷肥各岗位的主要任务、主要原理、主要流程及设备作以简要介绍,并配有思考题,以便学生了解各化工单元操作过程及设备在实际生产过程中的具体应用情况,以加深理解。第七章为单元操作计算机仿真实习,选择离心泵、热交换器、精馏、吸收4个典型的单元操作过程进行计算机仿真实习,一方面弥补实习现场不能动手调节的不足,同时加深学生对典型过程的深入了解,以便提高实习效果。

本书第一、二、三章由雒廷亮编写;第四、七章由任保增编写;第五章由刘常进编写;第六章由刘国际编写。全书由蒋登高主审。本书得到郑州大学出版社和郑州大学教务处的的大力支持,在此表示衷心感谢!诚恳希望专家和读者对书中的错误与不足给予批评指正。

编者

2002年3月

目 录

1 化工生产特点与安全	(1)
1.1 化工生产的特点	(1)
1.2 安全生产禁令	(3)
1.3 实习安全注意事项	(5)
2 化工生产单元过程及设备简介	(7)
2.1 流体输送及设备	(7)
2.2 传热过程及设备	(19)
2.3 机械分离过程与设备	(24)
2.4 过程分离与设备	(25)
3 合成氨生产工艺概论	(34)
3.1 造气工段工艺流程及设备	(34)
3.2 脱硫工段工艺流程及设备	(46)
3.3 变换工段工艺流程及设备	(53)
3.4 脱碳工段工艺流程及设备	(61)
3.5 联醇工段生产工艺及设备	(66)
3.6 铜洗工段工艺流程及设备	(74)
3.7 合成工段工艺流程及设备	(78)
3.8 压缩岗位工艺流程及设备	(84)
4 硝酸及硝酸铵生产工艺概论	(88)
4.1 综合法稀硝酸生产工艺流程及设备	(88)

4.2	加压法稀硝酸生产工艺概述	(113)
4.3	硝酸铵工段工艺流程及设备	(125)
4.4	浓硝酸生产工艺概述	(142)
4.5	尾气处理副产两钠工艺概述	(148)
5	硫酸生产工艺概论	(166)
5.1	总论	(166)
5.2	原料工段工艺流程及设备	(171)
5.3	焙烧工段工艺流程及设备	(173)
5.4	净化工段工艺流程及设备	(180)
5.5	干吸工段工艺流程及设备	(185)
5.6	转化工段工艺流程及设备	(188)
5.7	尾气吸收工段工艺流程及设备	(192)
6	硝酸磷肥生产工艺概论	(196)
6.1	磷矿加工	(196)
6.2	酸解与结晶工段工艺流程及设备	(203)
6.3	过滤岗位工艺流程与设备	(208)
6.4	中和岗位工艺流程及设备	(210)
6.5	浓缩及造粒岗位工艺流程与设备	(213)
6.6	思考题	(218)
7	单元操作的计算机仿真实习	(219)
7.1	概述	(219)
7.2	离心泵计算机仿真	(234)
7.3	热交换器计算机仿真	(241)
7.4	精馏系统计算机仿真	(247)
7.5	吸收系统计算机仿真	(260)

1 化工生产特点与安全

当今世界,化学工业生产不仅与人类的衣食住行等生存条件、生活质量及生活环境密切相关,而且还是发展现代航天技术、核技术、电子技术等高科技尖端技术的重要基础。可见,化工生产对发展工农业、巩固国防、提高人民生活质量等都具有重要作用,在国民经济发展中占有重要地位。但化工生产本身却面临着不可忽视的安全与环境污染等重要问题。这些问题同样直接影响到人民的生命安全与生存环境,必须高度重视,尤其作为与化工生产直接相关的人员,建立起化工生产安全意识,显得更为重要。

1.1 化工生产的特点

1.1.1 化工生产过程中存在多种化学危险物质

化工生产所使用的原料、中间产品和成品,以及生产过程中使用的各种吸收剂如氨水、硫化碱、醋酸铜氨液,脱硫和脱碳使用的各种溶液,分析化验所用的各种药品和辅助材料,乃至生产过程中排出的废水、废气大多是易燃、易爆、有毒、有害、有腐蚀性的物质。氮肥生产的原料——煤气中氧含量如超过了规定的工艺指标或者发生泄漏与空气混合,在很弱的外部能源作用下就能发生爆炸。煤气中的一氧化碳、硫化氢、中间产品氨,以及氨加工过程中产生的氮氧化物、二氧化硫等,都是有毒气体;高浓度的氮气、二氧化碳、氢气等,会引起窒息。

在化肥生产中,一些生产介质具有较强的腐蚀性,如煤气中的硫化氢、二氧化碳气体,对设备、阀门、管道等具有较强的腐蚀作

用,可使其壁厚减薄,强度降低,造成跑、冒、滴、漏。同时,生产过程一般又处于高温、高压或低温条件下,因此具有更大的危险性。

1.1.2 生产过程具有高度连续性

以氮肥生产为例,其生产过程由合成氨和氨加工两个部分组成。而合成氨的整个生产过程大多是在气体状态下进行的,其等量气体的体积要比液体或固体大千百倍,因此,在生产过程中,工艺气体不可能大量贮存,上一个工序生产出来的气体产物,必须源源不断地通过鼓风机或压缩机提高压力,沿管道送往下一个工序进行加工处理。如果气体在设备或管道中受阻,则会引起压力升高,造成放空、停车或爆炸。合成氨装置各工序之间、氨合成和氨加工各工序之间、生产装置与辅助工序之间,都相互紧密联系,具有高度的连续性。确保氮肥安全生产,必须保证生产的连续进行,如果其中一个工序或者一台设备发生故障,哪怕一个阀门操作上的失误,都会造成局部或全部停车,甚至会发生意想不到的重大恶性事故。因此,生产过程中的每一台设备、每一个岗位或工序的生产状况好坏、操作控制是否合理,都对全厂安全稳定生产起着至关重要的作用。

1.1.3 生产系统庞杂、工艺流程长

化工生产的全过程比较复杂,工艺流程长。由原料到产品,要经过多个工序的化学反应和物理处理,生产过程包括原料的贮运和加工,原料气的制造、净化、压缩、精炼,氨合成和氨加工等十几道工序。为了满足生产的需要,还设有供汽(供热)、供水、电力等系统,其中包括工业水、循环水、脱盐水、脱氧水和化学软水等,为全厂提供各种动力的电力系统,仪表以及自控调节、信号联锁系统,生产调度、供水调度以及供电调度的各种指挥系统等,从而构成了一个庞大复杂的生产机构。这些系统虽然各自独立,但却密切相关,互相制约。

各工序的生产设备如各种反应炉、塔、槽、罐、压缩机、泵之间

靠管道相互连通,组成系列生产线;各种工艺气体、液体管道、蒸汽管道、上下水管道、动力电缆、电讯电缆、信号联锁电缆等贯穿全厂地下、地上、空中,互相交织,错综复杂,并形成网络,从而构成了工艺流程长、工艺过程复杂的特点。

1.1.4 工艺参数操作控制技术要求高

工艺条件是根据工艺生产过程要求确定的,整个生产过程的工艺条件十分复杂、多变,但各工艺参数必须得到良好控制,因为它是维持正常生产的基本保证。

由于要求不同,各设备及管道中的温度、压力相差很大。例如以煤为原料的煤气发生炉或以天然气为原料的甲烷转化炉等操作温度高达 $1\ 000 \sim 1\ 450\ ^\circ\text{C}$,而空气分离装置的操作则在零下 $195.8\ ^\circ\text{C}$ 的低温下进行。原料气体压缩机的操作压力达 $15 \sim 32\ \text{MPa}$,而硝酸铵和尿素的蒸发操作则需要负压下进行。因此,对工艺条件的控制要求较高,不允许有超出规定的变化。

为了保证生产的安全、连续和稳定,生产过程中要对温度、压力、流量、液面、气体成分、投料量和投料顺序等工艺指标进行严格的控制。操作人员必须以非常严谨的态度,按照规定的工艺条件以及生产过程中的变化情况,及时频繁地予以调节并进行岗位之间的联系,不允许工艺条件有大的波动,更不允许超温、超压、超负荷运行。

1.2 安全生产禁令

原化学工业部,为了保障化工生产安全进行,减少事故的发生,特颁布了如下安全生产禁令。

1.2.1 生产厂区十四个不准

(1)加强明火管理,厂区内不准吸烟。

(2)生产区内,不准未成年人进入。

- (3) 上班时间,不准睡觉、干私活、离岗和干与生产无关的事。
- (4) 在班前、班上不准喝酒。
- (5) 不准使用汽油等易燃液体擦洗设备、用具和衣物。
- (6) 不按规定穿戴劳动保护用品,不准进入生产岗位。
- (7) 安全装置不齐全的设备不准使用。
- (8) 不是自己分管的设备、工具不准动用。
- (9) 检修设备时安全措施不落实,不准开始检修。
- (10) 停机检修后的设备,未经彻底检查,不准启用。
- (11) 未办高处作业证,不系安全带,脚手架、跳板不牢,不准登高作业。
- (12) 石棉瓦上不固定好跳板,不准作业。
- (13) 未安装触电保护器的移动式电动工具,不准使用。
- (14) 未取得安全作业证的职工,不准独立作业;特殊工种职工,未经取证,不准作业。

1.2.2 操作工的六严格

- (1) 严格执行交接班制。
- (2) 严格进行巡回检查。
- (3) 严格控制工艺指标。
- (4) 严格执行操作法。
- (5) 严格遵守劳动纪律。
- (6) 严格执行安全规定。

1.2.3 动火作业六大禁令

- (1) 动火证未经批准,禁止动火。
- (2) 不与生产系统可靠隔绝,禁止动火。
- (3) 不清洗、置换不合格,禁止动火。
- (4) 不消除周围易燃物,禁止动火。
- (5) 不按时作动火分析,禁止动火。
- (6) 没有消防措施,禁止动火。

1.2.4 进入容器、设备的八个必须

- (1) 必须申请、办证,并得到批准。
- (2) 必须进行安全隔绝。
- (3) 必须切断动力电,并使用安全灯具。
- (4) 必须进行置换、通风。
- (5) 必须按时间要求进行安全分析。
- (6) 必须佩戴规定的防护用具。
- (7) 必须有人在器外监护,并坚守岗位。
- (8) 必须有抢救后备措施。

1.2.5 机动车辆七大禁令

- (1) 严禁无证、无令开车。
- (2) 严禁酒后开车。
- (3) 严禁超速行车和空挡溜车。
- (4) 严禁带病行车。
- (5) 严禁人货混载行车。
- (6) 严禁超标装载行车。
- (7) 严禁无阻火器车辆进入禁火区。

1.3 实习安全注意事项

虽然发布了不少化工生产安全操作禁令,但由于一些操作人员安全意识淡漠,仍然有不少安全事故如火灾事故、爆炸事故、中毒和窒息死亡事故、触电事故、高空坠落事故、机械伤害与物体打击等事故频频发生,造成重大人员伤亡,给众多家庭带来不幸,同时也给国家或集体财产造成重大损失。

在一个人的一生中,爱情、家庭、事业、幸福与安全都会影响到生命的质量,但其中安全是第一位的。一旦安全出了问题,生命的质量会大打折扣,甚至全部失去。因此,为了保证实习任务的顺利

完成,同时保证实习期间不出任何安全事故,在实习过程中应注意如下安全规定,并严格执行。

(1)学生进厂需经过三级安全教育,即厂级安全教育、车间安全教育与班组安全教育。因此,在上安全课时要认真记录、认真学习,强化自己的安全意识,因为作为未来的化工专业技术人员,安全意识的形成至关重要。

(2)进入厂区严禁抽烟。

(3)进厂按规定穿工作服。女同学的长发必须盘在头顶,并必须佩戴工作帽,以防头发被转动设备卷入,造成伤亡。

(4)进入厂区,不准穿钉有铁掌或铁钉的鞋,以防走路时与地摩擦产生火花,引起火灾或爆炸。

(5)进入厂区,女同学不准穿裙子、高跟鞋,以防在攀梯或在算子板上行走时造成扭伤或摔伤。

(6)在实习现场严禁同学间相互嬉戏,以防发生交通事故、高空坠落、机械伤害等恶性事故,造成人员伤亡。

(7)在实习现场严禁进入任何废弃的设备内,以防发生窒息死亡事故。

(8)在没有可靠的安全保障的条件下,不准随便登高。

(9)在实习现场行走时,要随时注意头顶的管道和脚下的阴沟与地槽。

(10)在实习现场时,不要随便触摸裸露的管道与设备,以防烫伤;更不要随便动现场的阀门与按钮,以防发生紧急停车、物料放空等生产事故,造成重大经济损失。

2 化工生产单元过程及设备简介

化工产品的生产过程是由一系列单元过程及反应过程所构成的。单元过程是《化工原理》研究的主要内容,而反应过程则是《化学反应工程》研究的主要内容,在这里只作简单介绍,以便在实习过程中参考。

2.1 流体输送及设备

流体是指气体与液体。在没有任何设备的条件下,水只能从高处向低处流动;空气也只能由气压高的地方向气压低的地方流动,这便是风。而在化工生产过程中,气体物料和液体物料要通过管道进入各种设备中,进行一系列的工艺处理或反应过程,而且不同设备的操作条件与位置又相差较大,如果没有流体输送设备的应用是无法实现的。

2.1.1 液体输送设备

液体输送设备统称为泵。由于泵的工作原理不同又分为离心泵与往复泵等。离心泵与往复泵是在化工生产过程中使用最普遍的泵。当要求液体压力在 2 MPa 以下时,一般使用单级或双级离心泵来实现;而当要求液体压力在 2 MPa 以上时,则需要使用往复泵。

2.1.1.1 离心泵

离心泵是在化工生产过程中使用最广泛的一种泵。它的结构简单紧凑,对于一定的流量和压力,体积较其他泵为小。它特别适用于化工生产的原因是它的流量均匀而易于调节,又能输送有腐

蚀性、含悬浮物的液体。它的缺点是压头较低,一般没有自吸能力。

如图 2-1 所示,离心泵由蜗壳(泵壳)与叶轮两个主要部件所构成。它的操作原理如下:开动前泵内要先灌满所输送的液体,开动后,叶轮在转动轴的带动下高速旋转,产生离心力。液体因而从叶轮中心被抛向叶轮外周,压力增高,并以很高的速率($15 \sim 25 \text{ m/s}$)流入泵壳,在壳内减速,使大部分动能转换为压力能,然后从排出口进入排出管路。叶轮内的液体被抛出后,叶轮中心处形成真空。泵的吸入管路一端与叶轮中心处相通,另一端则浸没在输送的液体中,在液面压力(常为大气压)与泵内压力(负压)的压差作用下,液体便经吸入管路进入泵内,填补了被排出液体的位置。只要叶轮不停地转动,离心泵便不断地吸入和排出液体。由此可见,离心泵之所以能输送液体,主要是依靠高速旋转的叶轮所产生的离心力,故名离心泵。

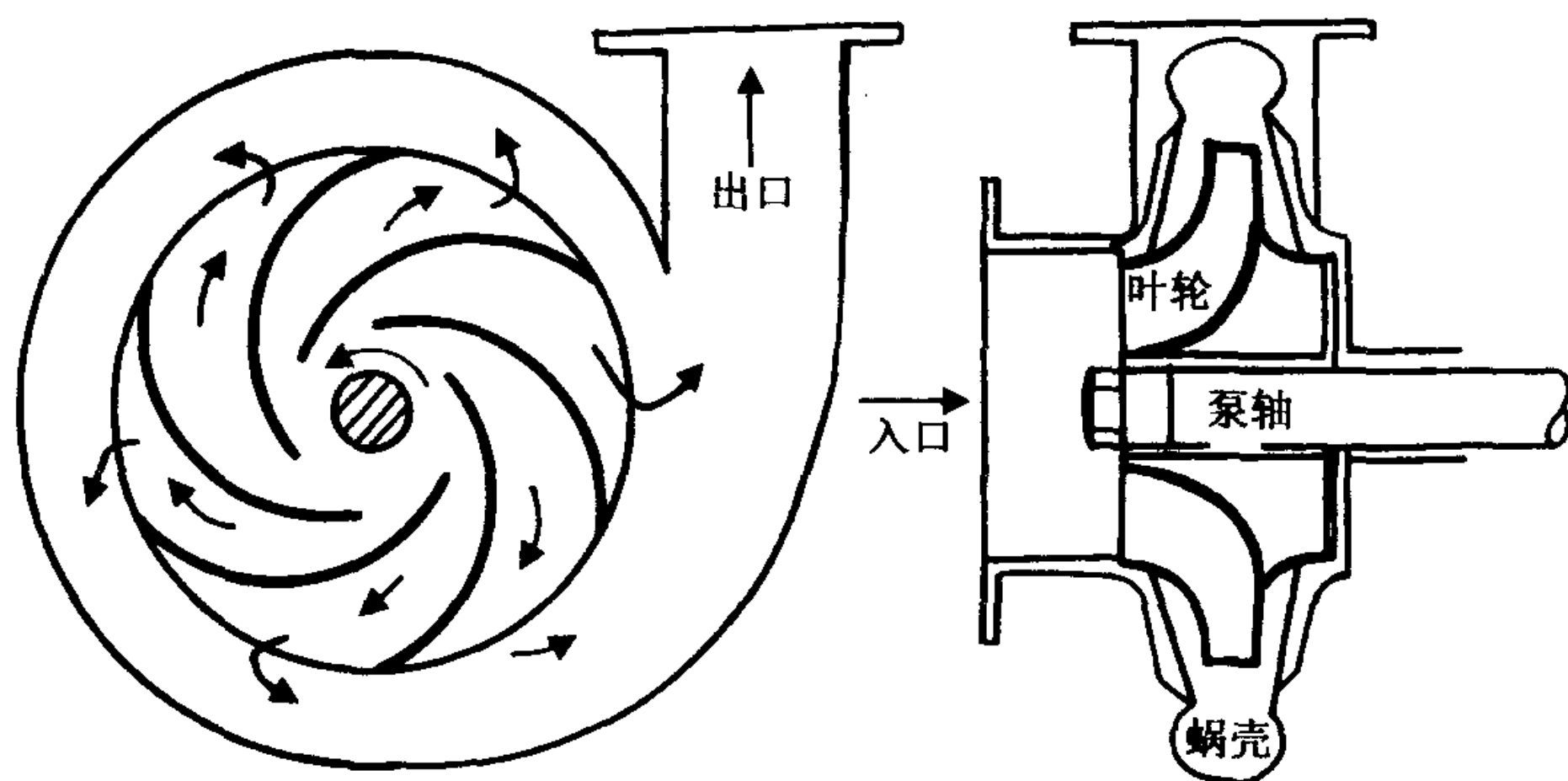


图 2-1 离心泵结构示意图

离心泵开动时如果泵壳内和吸入管路内没有充满液体,它便