

化工装置 实用操作技术指南

韩文光 主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

化工装置实用操作技术指南

韩文光 主编

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

ISBN 7-5025-3289-7



9 787502 532895 >

图书在版编目 (CIP) 数据

化工装置实用操作技术指南/韩文光主编. —北京:
化学工业出版社, 2001. 10
ISBN 7-5025-3289-7

I. 化… II. 韩… III. 化工设备-操作-指南
IV. TQ05-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 037772 号

化工装置实用操作技术指南

韩文光 主编

责任编辑: 陈志良

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 田彦文

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 46½ 字数 1170 千字

2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-3289-7/TQ · 1380

定 价: 90.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

京朝工商广字第 740 号

序

70年代以来,我国化学工业有了长足的发展,建设了一批年产30万吨合成氨、52万吨尿素装置,以乙烯为龙头的合成塑料、合成橡胶、化工原料装置,以涤纶、锦纶、腈纶为主要品种的化纤装置,以及精细化工、国防化工、大型纯碱等装置。这些装置的建成投产,不仅大幅度提高了化学工业的技术水平,而且增强了相关产品的自给能力,在解决人民衣食住行和带动相关产业发展的进程中发挥着越来越重要的作用,为国民经济持续健康发展做出了贡献。

伴随着我国化学工业的快速发展,一支数以百万计的操作、技术、管理队伍随之形成,他们为确保这些装置在顺利开工和开工投产后实现安全、稳定、长周期、满负荷和优化生产而日夜工作,并为最大限度地提高经济效益,推进技术进步,提高经营管理水平而继续奋斗。

韩文光同志主编的《化工装置实用操作技术指南》,就是这一实践过程的总结和写照。该书以全新的角度综合分析研究了化工装置所具有的共同属性,即化工厂各类设备从原始开车到转入正常生产所进行的各种各样的操作过程。包括总体试车方案的制定和优化;化工机械的单机试运;化工容器的标定;开工设备的吹扫、清洗、酸碱洗、钝化;设备的强度和气密性试验;工程中间交接;催化剂装填;仪表调校;公用工程启动;投料试车等操作过程。也叙述了离心泵、透平、加热炉、反应器、废热锅炉、吸收、精馏、蒸发、膜分离、产品输送包装等单元的正常运行和操作。以及润滑技术,设备状态监测等专业技术的掌握。参加本书撰写的近三十位专家来自金陵石化、扬子石化、南化化工公司、安庆石化、中原大化集团公司、锦西化工集团公司等企业,他们长期从事技术工作,既有深厚的理论功底,又有丰富的实践经验。本书内容丰富,材料翔实,突出实用,有操作经验,也有事故教训。对产品的生产从上游到下游,设备从单元到系统,分工种、分工序论述,这对各工种、各专业部门的沟通、了解、交流都很有帮助,是化学工业、石油化工及相关产业的工厂操作人员、技术人员、管理人员提高操作技术和管理水平,扩展知识面的一部很好的工具书。本书所采用的数据事例大多来自当代典型化工装置和实践经验总结,有很强的可操作性,也可供科研、设计、大专院校从事化工教学和技术工作者参考。

匡永泰

2001年4月12日

前 言

当前有关化工操作方面的图书不少,但大都是就某一种产品或单元操作编写出版。这些图书往往对一个产品的特定化工过程进行阐述,缺乏行业之间的沟通和交流。因而难以满足中高级操作工人和生产技术管理人员提高知识业务水平,扩展知识广度和深度的要求。随着我国大型化工、石油化工装置的发展,工厂很需要有一本从化工操作所具有的共性的角度来进行系统研究论述的书籍。尤其是近 20 年来,许多引进大中型化工装置从原始开工到转入正常生产过程所进行的许多特殊操作,各个装置和工厂都有许多宝贵的经验教训,应该组织编写出版以利于共同交流提高。但写这样的书是有一定的难度,化工出版社建议由我牵头出面组织,出自对于化工操作这一门职业的深厚情结,我欣然接受了这一个任务。我自 1954 年毕业之后到 1961 年的 7 年中一直在车间一线操作,之后也一直从事生产技术的管理工作。进入 70 年代,我又有幸奉调参加了由法国引进的南京栖霞山化肥厂的建设 and 原始开工过程。在长达十多年的实践过程中,对于这样一种大型现代化单系列化工装置的操作和管理,在观念和认识上产生了一次质的飞跃:这就是深深感到无论作为我个人还是和我同属一个时代的化工生产操作和管理人员,旧有的知识已远远满足不了需要,必须努力学习大量的新知识,还要改变许多旧的观点,才能赶上时代的要求。举一个最简单的例子,过去工厂的设备更新大多是以设备的自然寿命作为判废标准。如一台水冷器发生泄漏就停下来堵管,堵好了再用,再漏了再堵,堵管面积不超过 10% 甚至 20% 是不会考虑设备更新的。而在一个大型单系列的化肥厂,如果仍旧沿用这种观念去进行管理,必然会因小失大,使工厂遭受重大的经济损失。大量实践带来的经验教训和现代企业的管理理论告诉人们,对于这样的装置,设备更新的标准只能是设备的经济寿命而不是它的自然寿命。事实上“设备更新理论”已经形成了“科学决策理论”和“系统工程理论”的一个重要分支和专门理论,其决策过程有严格的理论依据和计算方法,只不过往往受到管理者知识深度和决策习惯的影响而还不能很好地发挥其作用。现在,历史已经跨进了一个新的世纪,在“市场经济”,“知识经济”,“数字和网络技术”,“计算机控制”,“环境保护”等概念已经深入到社会和企业每一个角落的环境下,做为一个 21 世纪的优秀操作工人和生产技术管理人员迫切需要汲取更多的知识和信息来充实自己。编写本书的目的就是尝试能从一个新的角度研究剖析化工操作过程并对大家有所帮助。参加本书编写的许多同志可以说大都是化工操作的行家,但是在编写过程中,多数同志都感觉到这本书并不太好写。其主要难点就在于要从一个共性的角度来研究某一个单元操作,他们仍感到个人的知识面不足,这也从一个侧面说明在我国对于“化工操作技术”这门学科还十分缺乏系统和普遍的研究,为此作为一个尝试,大家还是十分努力地完成了编写任务。如果广大读者确实觉得此书还有一定的参考价值,从中学到点东西,便达到了编写本书的目的。由于时间的仓促和经验的不足,显然本书还有不少值得商榷和进一步深化的方面。此外有些化工单元操作未涉及(如电化学、结晶、干燥等),有些章节的文字说明有一定局限性,内容还不够完善。至于书中如有不妥之处欢迎读者给予批评指正。

本书编写过程中得到了金陵石化公司和化工出版社的大力支持。金陵石化公司吴瑞林、周厚松、王永杰、张大福、胡尧良以及王树德、童祖基、郑宏印、李克勤、伍洪开等同志对本

书的编写给予了热情的关心和支持。除此之外，本书还得到了中石化总公司、扬子石化公司、南京化学工业公司、安庆石化总厂、中原大化集团公司、锦化化工集团公司等单位的支持，张一飞、王文喜、司徒泽湘、么贵明、张万钧、郭懋、余显章、唐文丑、谢文范、刘慕等同志为此作出了积极的努力，在此一并表示感谢。

韩文光

2001年4月

内 容 提 要

本书以全新的视角从理论和实践两个方面综合分析研究了当今化工装置及其设备生产操作所具有的共同属性,即一个化工厂的各类设备从原始开车到转入正常生产一般所需进行的各种通用的单元操作过程。全书分3篇39章。第1篇化工装置的原始启动,包括总体试车方案的制定和优化,化工机械的单机试运,化工容器的标定,开车前设备的吹扫、清洗、酸洗和钝化,强度试验和严密性试验,工程中间交接,联动试车,催化剂装卸,公用工程启动,仪表调校,质量分析控制,投料试生产和性能考核等。第2篇化工装置的日常运行与操作。叙述了离心泵、透平、加热炉、反应器、废热锅炉、吸收、精馏、蒸发、膜分离、产品包装、物料储运等系统的运行操作及润滑技术,设备状态监控技术等。第3篇以几个典型产品化工装置的开工运行与操作为实例作了综合介绍。

全书由金陵石化公司、扬子石化公司、南化公司、安庆石化总厂、中原大化集团公司、锦化化工集团公司等的生产专家和一线技术人员共同撰写而成;内容丰富,材料翔实,突出实际,既有操作原理和实际经验,也有事故教训,对产品的生产从上游到下游,各工种,各工序、各行业部门之间的沟通了解、交流很有帮助。对化工、石化及相关行业工厂的操作人员、技术人员、管理人员更新和扩展知识面、提高操作和管理水平是一部很好的参考手册。也可供大专院校相关专业师生学习化工原理、化工工艺和化工设备等课程参考。

《化工装置实用操作技术指南》

参加编写人员

主 编 韩文光

参编人员 (按姓氏笔画为序)

丁祖海

万雄杰

王 亮

白金光

朱有志

陈 俊

李文彬

李经萍

李燕民

吴晋礼

邱慧玲

张 强

杨志贤

姜秉忠

徐 宁

顾 农

顾熟明

高 骥

唐广奎

夏国柱

徐培仕

黄儒荣

谢 冰

谢文范

韩文光

童本进

彭良华

彭登敏

谭晓春

目 录

绪言	1
----	---

第 1 篇 化工装置的原始启动

第 1 章 总体试车方案的制定和优化	5
1.1 为什么要制定总体试车方案	5
1.2 化工装置由工程建设收尾转入原始启动的阶段划分和职责转换	7
1.3 总体试车方案的编制	9
1.4 总体试车方案的优化	15
第 2 章 化工机械的单机试运	23
2.1 单机试运的目的	23
2.2 单机试运的条件	23
2.3 单机试运的阶段划分	24
2.4 单机试运的一般规定及通用原则	25
2.5 单机试运过程中常见的由于操作原因引发的设备故障	32
2.6 大型透平机械油系统的清洗	36
2.7 透平机械的单机试运	38
第 3 章 化工容器(储罐)的容积标定	48
3.1 引言	48
3.2 术语	48
3.3 容器标定前的要求	49
3.4 化工容器的标定责任分工和组织	51
3.5 化工容器的检定方法	52
第 4 章 化工装置开工前的吹扫和清洗	53
4.1 吹扫和清洗的目的和方法	53
4.2 吹扫和清洗作业	55
参考文献	61
第 5 章 化工设备和管道的酸洗与钝化	62
5.1 酸洗与钝化的目的和应用	62
5.2 酸洗与钝化的化学反应原理	62
5.3 不同材质情况下对药剂、配方的选择	66
5.4 酸洗与钝化的一般操作方法	68
5.5 酸洗与钝化的安全防护和废液处理	70
5.6 大型设备、管网酸洗与钝化实例	72
参考文献	76
第 6 章 化工装置的强度试验和严密性试验	77
6.1 化工装置的强度试验(水压试验)	77
6.2 气密性试验的目的、条件和控制标准	79
6.3 气密性试验的方法(含真空度试验)	80
6.4 上下水管道的渗水量试验	80
6.5 剧毒介质系统的泄漏量试验	83
6.6 特殊情况下的气压强度试验(含安全阀的在线调压)	83
第 7 章 工程中间交接	86
7.1 工程中间交接的意义	86
7.2 工程中间交接的条件	86
7.3 工程中间交接的方法	87
7.4 工程中间交接的几个主要问题	89
第 8 章 化工装置的联动试车	92
8.1 联动试车的目的和主要内容	92
8.2 联动试车方案的编制	92
8.3 联动试车前必须具备的条件	92
8.4 联动试车的组织与指挥系统	93
8.5 联动试车的方法	93
8.6 逆式开车介绍	98
参考文献	99
第 9 章 化工系统的干燥	100
9.1 干燥的目的和要求	100
9.2 化工系统的干燥方法和介质选择	100
9.3 系统干燥的操作和检验	101
参考文献	104
第 10 章 加热炉的烘炉	105
10.1 加热炉的分类	105
10.2 耐火材料	108
10.3 烘炉	115
参考文献	119
第 11 章 循环冷却水系统的预处理	120
11.1 循环冷却水系统的问题与对策	120
11.2 循环冷却水处理方案的选择与实施	131
11.3 循环冷却水系统的清洗与预膜	142
参考文献	147

第 12 章 催化剂的装卸操作	148	方法	236
12.1 催化剂的特性	148	15.4 日常生产过程中的中间控制与产品质量控制	244
12.2 催化剂的卸出	148	15.5 忽视质量或分析工失误造成重大损失实例	246
12.3 催化剂装填的一般步骤	148	15.6 环境监测的主要内容与检测方法大	
12.4 几种典型设备催化剂的卸出和装填方法	149	气环境质量标准	248
参考文献	155	参考文献	255
第 13 章 公用工程的启动	156	第 16 章 化工装置的投料试生产	256
13.1 供电系统的启动	156	16.1 化工装置投料必须具备的条件	256
13.2 供水系统的启动	166	16.2 化工装置投料试车方案的编制	259
13.3 供风系统的启动	175	16.3 保证化工投料顺利进行的主要经验	261
13.4 供汽系统的启动	179	16.4 几个大型化工装置的实际投料试车过程	264
13.5 供氮系统的启动	182	16.5 化工投料重大操作事故实例	267
13.6 废水处理系统的启动	185	第 17 章 引进化工装置的性能考核	272
参考文献	195	17.1 引进化工装置有关考核的一般合同规定	272
第 14 章 仪表的调校	196	17.2 考核的组织和准备	278
14.1 仪表系统简介	196	17.3 一般考核过程	279
14.2 仪表的校验和常见故障处理	215	17.4 国内自行建设装置的考核	280
14.3 仪表的联校	223		
第 15 章 分析化验和质量控制系统的准备	225		
15.1 分析化验系统简介	225		
15.2 开工前的准备	228		
15.3 开工过程常用的分析项目的分析			

第 2 篇 化工装置的日常运行与操作

第 18 章 化工装置的操作规程和岗位操作法	281	20.3 离心式压缩机的工作原理与主要结构	319
18.1 操作规程的意义、作用和标准内容	281	20.4 离心式压缩机的特性曲线	324
18.2 操作规程的编制、批准和修订	282	20.5 蒸汽透平-离心式压缩机组运行操作与维护	329
18.3 岗位操作法的意义、作用及标准内容	283	20.6 蒸汽透平-离心式压缩机常见设备故障与处理	334
18.4 岗位操作法的编制、批准和修订	284	20.7 蒸汽透平-离心式压缩机常见操作事故与防止	336
第 19 章 离心泵的日常运行与操作	286	参考文献	342
19.1 离心泵的结构和工作原理	286	第 21 章 燃气透平的日常运行与操作	343
19.2 离心泵特性曲线及其操作利用	287	21.1 燃气透平的工作原理与主要结构	343
19.3 离心泵的日常运行与维护	289	21.2 燃气透平的特性曲线及其操作运用	352
19.4 离心泵常见设备故障及处理	290	21.3 燃气透平的日常运行操作与维护	356
19.5 离心泵常见操作事故与防止	290	21.4 燃气透平的常见设备事故及处理	358
19.6 化工常用泵类的日常运行与操作	291	21.5 燃气透平的常见操作事故及预防	360
第 20 章 蒸汽透平与离心式压缩机组的日常运行与操作	298	第 22 章 加热炉的日常运行与操作	361
20.1 蒸汽透平的工作原理与主要结构	298	22.1 加热炉的结构	361
20.2 蒸汽透平的变工况特性曲线及其应用	310		

22.2	炉管材料	364	27.6	炼油厂精馏的流程特点与日常 操作	449
22.3	燃烧器	367	第 28 章	蒸发系统的日常运行与操作	452
22.4	炉用燃料	372	28.1	蒸发的基本原理	452
22.5	加热炉的操作与运转	376	28.2	蒸发设备	453
22.6	加热炉常见操作事故与处理	379	28.3	蒸发系统操作条件的选择及优化	459
	参考文献	381	28.4	蒸发系统日常运行操作与维护	461
第 23 章	聚合反应器的日常运行与操作	382	28.5	蒸发系统常见设备故障及处理	463
23.1	聚合反应原理	382	28.6	蒸发系统常见操作事故与防止	464
23.2	聚合用各种催化剂的分类及特性	384	第 29 章	储运、称量、包装系统的日常运行与 操作	466
23.3	聚合反应器	384	29.1	储运、称量、包装系统工艺过程 简介	466
23.4	流化床聚合反应器的日常运行与 操作	387	29.2	储运包装系统的运行与控制	467
23.5	搅拌釜聚合反应器的日常运行与 操作	388	29.3	储运包装系统主要设备、操作与 维修	474
23.6	环管聚合反应器的日常运行与 操作	389		参考文献	499
	参考文献	389	第 30 章	膜分离系统的日常运行与操作	500
第 24 章	催化反应器的日常运行与操作	390	30.1	膜分离技术	500
24.1	化工催化反应原理	390	30.2	膜分离设备简介	502
24.2	化工用各种催化剂	392	30.3	膜分离装置的开工和停工	504
24.3	化工催化反应器的种类	395	30.4	膜分离装置的常见故障与处理	507
24.4	固定床反应器的日常运行与操作	396		参考文献	507
24.5	流化床反应器的日常运行与操作	400	第 31 章	液体物料储运系统的日常运行与 操作	508
24.6	移动床反应器的日常运行与操作	403	31.1	液体物料储运设施简介	508
24.7	火管式反应器的日常运行与操作	406	31.2	液体物料储运系统日常运行操作与 维护	522
24.8	工业催化剂的操作保护	407	31.3	常见设备故障与处理	532
第 25 章	废热锅炉系统的日常运行与操作	410	31.4	液体物料储运常见操作事故与 预防	539
25.1	废热锅炉简介	410	31.5	重大火灾爆炸事故实例与经验 教训	543
25.2	废热锅炉的日常运行与操作	412		参考文献	545
25.3	废热锅炉运行的主要指标	412	第 32 章	火炬系统的日常运行与操作	546
25.4	废热锅炉常见事故及预防	413	32.1	火炬系统简介	546
	参考文献	414	32.2	火炬日常运行与操作	548
第 26 章	吸收系统的日常运行与操作	416	32.3	火炬燃烧器计算	550
26.1	吸收原理	416	32.4	火炬系统典型事故	551
26.2	吸收设备及其水力学性能	418	第 33 章	润滑技术与操作	553
26.3	吸收系统的优化	425	33.1	摩擦、磨损与润滑原理	553
26.4	吸收系统常见故障与处理	428	33.2	润滑剂的性能、分类与管理	557
	参考文献	432	33.3	工业设备常用的润滑方式及操作	560
第 27 章	精馏系统的日常运行与操作	433	33.4	润滑系统常见操作事故及防止	562
27.1	精馏基础概要	433			
27.2	精馏塔操作与维护	442			
27.3	精馏系统常见的设备故障及处理	445			
27.4	精馏塔操作故障与处理	446			
27.5	特殊精馏	447			

第 34 章 设备状态监测、故障诊断技术与操作	
应用	565
34.1 设备状态监测与故障诊断简介	565
34.2 转动设备的状态监测与故障诊断及操作应用	566
34.3 石油化工装置的腐蚀与控制简介	575
34.4 涡流检测及应用	580
34.5 超声波检测及应用	583
34.6 X 射线检测及应用	584
34.7 其他检测方法及应用	585
34.8 温度测量方法及应用	587
第 35 章 化工装置的安全运行与操作	589
35.1 化工装置安全技术的主要内容	589
35.2 化工生产的安全管理制度	604
35.3 化工操作重大安全事故实例	606

第 3 篇 典型化工装置的开工运行与操作

第 36 章 大型空分装置的开工运行与操作 ...	609	38.1 1 万吨/年可发性聚苯乙烯装置	
36.1 大型空分装置的原理与流程	609	简介	677
36.2 大型空分装置开停车操作一般程序	615	38.2 1 万吨/年可发性聚苯乙烯装置的原	
36.3 20000m ³ /h (氧) 大型空分装置操作实例	620	始开车	681
36.4 大型空分装置常见重大事故	633	38.3 1 万吨/年可发性聚苯乙烯装置的	
参考文献	640	日常运行操作	682
第 37 章 大型乙烯装置的开工运行与操作 ...	641	38.4 1 万吨/年可发性聚苯乙烯装置重	
37.1 乙烯装置简介	641	大异常情况的判断及处理	686
37.2 乙烯装置的原始开车	664	参考文献	689
37.3 乙烯装置的日常运行操作	670	第 39 章 栖霞山化肥厂开工 10 年进程回顾与	
37.4 乙烯装置操作事故举例	674	剖析研究	690
第 38 章 1 万吨/年可发性聚苯乙烯 (EPS) 装		39.1 前言	690
置的开工运行与操作	677	39.2 开工 10 年进程简要回顾	691
		39.3 试运转过程的剖析研究	695
		参考文献	730

绪 言

化学工业是世界各国国民经济重要的支柱产业。20 世纪 50 年代起,在全球迅速发展的石油化工,更使得这门具有悠久历史的产业有了长足的发展。我国的化学工业在进入改革开放的 20 年历史时期内,其结构和规模均发生了巨大的变化。1996 年,全国化学工业总产值达 4786 亿元,而 2000 年上半年,全国石油和化学工业总产值已超过 6000 亿元,约占全国工业总产值的 10%。全国化工企业共有 42100 个。职工总数已达 579 万。化学工业的结构已从以化肥和酸碱盐为主的无机化工发展成为门类比较齐全的化学工业体系。20 世纪 70 年代以来,随着我国石化工业的发展,有机化工原料和三大合成材料的生产迅猛崛起,从而带动了化纤、橡胶、塑料、染料、涂料、农药、医药、精细化工、国防化工等行业的全面发展。目前,我国化肥和染料的产量已跃居世界第一位,合成氨、硫酸、纯碱、农药居第二位,乙烯、合成材料、醋酸、烧碱等产品也居于世界前列。化工装置大型化,现代化,自动化的水平迅速提高,全国大中型化工企业已达 1897 个。现已拥有年产合成氨 30 万 t,尿素 52 万 t 以上的化肥(化工)厂 26 个,年产乙烯 30 万 t 以上的石化联合企业 7 个,年加工能力 500 万 t 以上的炼油化工企业 26 个(其中千万吨级以上 3 个),年产纯碱 40 万 t 以上的企业 8 个(其中 80 万 t 级的 3 个)。这些大型、特大型化工企业基本上达到了世界公认的合理经济规模,代表了中国现代化工企业的发展方向。

伴随着中国化学工业的巨大发展,一支数以百万计的以中青年职工为主体化工装置操作队伍也已建立和形成,他们大多具有高中和大专以上的文化水平,经过了相当时间的技术培训和现场实习,取得了上岗资格证书,肩负着重要的生产使命,日以继夜地监视、控制着每一套化工装置,精心地维护着每一台化工设备,生产出成百上千万吨的化工产品,为国家的富强和社会的发展作着贡献。

随着化工产品结构的调整以及化工装置大型化、现代化、自动化的发展,客观形势对化工操作工人提出越来越严格的要求。60 年代,一套以煤为原料的年产 6 万 t 合成氨装置,其操作工人标准设计定员为 169 人(按四班轮值计,下同)。而 90 年代,同样一套以煤为原料的年产 30 万 t 合成氨装置,其操作工人的标准定员仅为 60 人,以每人每年平均生产合成氨产量计,后者比前者增加了 14 倍。(以天然气为原料的大型合成氨装置定员仅为 40 人,其比例高达 21 倍)在年产 6 万 t 的合成氨装置上,一个操作事故造成一套煤气发生装置或一台压缩机停车,每日合成氨产量的损失不过数十吨,即使发生十分严重的全系统停车,其日产损失最多 200t 合成氨,而在大型单系列的合成氨装置中,一个微小的疏忽和失误,都会导致全系统的停工,其日产损失在千吨以上。不言而喻,化工装置大型化的结果,大大增加了每个操作工人的生产和经济责任。化工装置自动化程度的提高,大大扩展了每个操作工人的控制范围。过去,一名或几名操作工人,一般只能负责一个化工单元的操作,而现在,借助于计算机的帮助,可以大大提高生产率。在发达国家,包含几个甚至十几个化工单元操作的完整的生产过程可以由 1~2 名操作工人完全控制。目前,我国化工企业的管理和后勤人员还显得十分冗余,但操作工人的配备,已逐步接近发达国家的水平。一个大型石化装置的总控制室操作工,不仅要掌握裂解、转化、吸收、精馏、压缩、制冷等工艺过程的原理和操作,还要对

于与其相关的水质处理、能量利用、DCS 控制环境保护、设备动态检测等各个有关方面也要有相当程度的了解。从一定意义上来看,对操作工人技能的要求正在发生着本质上的深刻变化。

改革开放 20 年来,中国的社会经济体制已经发生了重大的变化。企业生产的主要目的已从计划经济体制下的“最大限度地满足社会不断增长的物质需要”而转向获取最好的经济效益。企业对劳动生产率指标的关注逐步为利润指标所代替,企业行为的转变必然要求职工思维转变,一个优秀的操作工人和生产管理人员,不仅仅要保证化工装置安全、稳定、长周期、满负荷的运行,而且还要研究装置开停运行和管理的优化问题。例如一个以石脑油为原料的大型化肥厂,当改用催化干气代替石脑油为原料时,其每吨合成氨成本约可下降 1/3。从能耗指标来看,两种不同原料生产的合成氨能耗基本相等,而从经济效益来看则完全不同。又如,上海金山年产 30 万 t 乙烯装置原始开车时,改变了一般乙烯装置的正常开工顺序(参见第 10 章)。其结果,在整个开工过程中没有放空 1t 乙烯、丙烯,节约试车费用达 900 万元(当时价值)。这些例子都说明,同样的化工装置,选择不同的操作条件,采用不同的操作方法,其经济结果大不相同,一套现代化的大型化工生产装置,其年资金流量常在数亿甚至数十亿元,任何一个工艺环节或工艺步骤的优化,都可以带来巨额的经济收益。反之,也会造成巨大的经济损失或效益流失。在全球已经步入“知识经济”时代的今天,每个操作工人都应以时代赋予的重任而自勉。

据统计,1996 年我国国有化工企业的资产总额已达 5933 亿元,加上乡镇以上独立核算化工企业 800 亿元,总量已近 7000 亿元。八五期间,化工生产以平均年递增 9.8% 的速度持续发展。为了适应国民经济总量迅速扩展的需要,必须在大量培养合格操作工人的同时,进一步提高在岗操作工人的素质。解放 50 年来,我国早期建成的成千上万套的中小型化工装置和近 20 年来建成的几百套现代化大型化工装置,已经造就了大批优秀的化工操作技术骨干。他们在长期实践的基础上,积累了十分宝贵的操作经验,其中有些是付出相当代价才取得的。在总结这些经验和结合每个特定产品、特定装置实际的基础上,所有的化工企业,都制定了自己的操作规程、操作法以及各种技术资料。结合各种特定工艺过程编著的有关生产控制的著作也已大量出版。但是,迫切要求提高自己操作知识深度与广度的中高级操作工人和化工生产管理人员,却很难找到一本跨产品、跨专业的具有普遍指导意义和一定理论深度,专门论述许多具有共性的化工操作的书籍。化工操作首先是一门实用技术,它必须能够指导操作工人和生产技术管理人员正确无误地开停和控制每一套化工装置。同时它又不仅仅是实用技术,对于操作规程的制订,操作方法的选择,操作指标的确定和优化,各种非常状态的应变,各种故障和事故的处理等,都涉及到许多理论问题。随着工艺,设备,仪表,计算机,催化剂等各个方面新技术的采用,以及水质稳定,能量回收,环境保护,设备状态检测等新兴科学技术在大型现代化化工装置上的应用和发展,更要求人们从理论上研究和优化这门技术。传统的化工原理,化工设备,化工工艺学等都只包含了其中的一些内容,但由于学科范围的界定,又不可能对化工操作这样的主题做系统深入的研究,例如对于化工装置开工过程中普遍需要进行的装置酸洗、钝化、吹扫、气密、干燥、烘炉、预膜等特殊操作,进行系统论述的书籍很难找到。而在这些化工单元操作中都存在着许多理论和实际问题需要深入分析研究,如化工吹扫看似简单,经过多年的实践后人们发现其中有很多问题未得到很好的解决,如吹扫的理论根据、有效的方法、检验标准等都有待深入的探讨。以笔者 70 年代所在的南京栖霞山化肥厂 30 万 t/a 合成氨-52 万 t/a 尿素装置而言,为了达到法国专家所要求的高速蒸汽透

平对蒸汽管道吹扫靶片的检验标准,专门启动了一台产汽 220t/h 的中压燃油锅炉日夜不停地吹扫了两个月。按目前市场价格计算,仅耗用重油一项就损耗上千万元。至于许多化工装置因吹扫没达到标准,开工后出现塔盘堵塞,密封磨损,阀门卡塞,产品变色等一系列严重后果,且其故障显现往往是连续不断,令人束手无策,而当装置生产逐步趋于正常,随着时日的流逝,其影响逐渐消失之后,作为一个独立装置的当事人,也很少再花精力去研究这些问题。由这个例子可以看出,化工操作既有大量成熟的经验需要总结推广,又有大量的课题需要深入研究。对于一个优秀的操作工人和生产技术管理人员来讲,不仅仅需要做到严格贯彻执行各种既定的操作规程和岗位操作法,更需要扩展自己的知识范围,提高自己的技术水平,学习研究相关岗位,相关专业,相关装置的操作方法和经验教训。以达到在各种客观条件发生变化时都能应付自如,处变不惊,灵活准确地驾驭和操纵每一套化工装置,使其发挥出最好的经济效益。帮助他们更快的达到这种要求便是本书出版的宗旨。

为了帮助读者达到上述目的,本书试图从 3 个篇章介绍和研究有关问题,其中第 1 篇是化工装置的原始开工操作。该篇各个章节都是在总结近 20 年来大批现代化大型化工装置(特别是石化装置)开工实践经验的基础上写成的。对于大中型化工装置的原始启动带有普遍的指导意义,即使是小型化工装置也有一定的参考价值。其中诸如总体试车方案的优化,设备管道的酸洗、钝化、冷却水系统的防腐防垢处理,污水的处理与控制等专题,都是近十几年来才逐步发展普及的。对整个开工过程的总结与研究,既有助于各种类型的大型现代化装置顺利组织原始启动和大检修、技术改造后的重新开工,也有助于中小型化工装置改进和提高开工水平,为正常生产打下良好基础;第 2 篇是化工装置的日常运行与操作,这一篇各章节的划分和“化工原理”,“化工设备”等学科比较接近,但其主要区别在于本书的立足点着重是如何合理、正确的操作这些化工单元和设备,并以大量的实践经验和事故教训为基础,分析研究各种操作事故的原因及其防止。同时,对于近 20 年来,已经开始广泛应用在现代化化工装置中的高速蒸汽透平和离心压缩机,燃气透平,高压高温废热锅炉,大型聚合反应器,管式转化裂解炉,膜分离装置,设备状态监测技术等,均单独列章对其操作应用做了比较深入的介绍。由于本书各章节的撰稿人大多为在其执笔的同类化工装置上长期工作过的工程技术人员,不少人都是从操作岗位出身,之后长期从事化工生产技术管理,积累了丰富操作经验的行业专家,因此具有很强的可读性与实用性;本书所列举的各种数据虽然不能代替各种技术规范 and 操作规程,但一般情况下对于制订这些文件均具有很好的参考作用。第 3 篇,为了使读者能超越单项的操作过程和单一的化工设备,对于以产品为单元的化工装置操作有一个完整的概念,选取了几个有代表性的化工装置,就其全部操作过程逐一做了连贯性的介绍。其中乙烯装置是现代化的大型石油化工装置的代表,可发性聚苯乙烯装置(E. P. S.)则可为许多中小型化工装置所参考。最后列入的一篇文章,比较详细地回顾和解剖了一个大型氨厂由基建转入开工投产近 10 年时间内所发生的许多近似灾难性的设计、设备、操作等故障并对其原因进行了深入的研究,对于今后仍将引用和建设的许多大中型化工装置应是一个重要的借鉴。

撰稿 韩文光 金陵石化公司

1. The first part of the paper is devoted to a general discussion of the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β . It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta = 1$ is satisfied.

2. In the second part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta = 1$ is satisfied.

3. In the third part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta = 1$ is satisfied.

4. In the fourth part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta = 1$ is satisfied.

第 1 篇 化工装置的原始启动

第 1 章 总体试车方案的制定和优化

1.1 为什么要制定总体试车方案

一个新建化工联合装置或一个新建化工厂在原始启动之前一般都有一个计划或方案安排。但是,以“总体试车方案”的名称出现并正式纳入基本建设和生产管理程序的做法,则始自 70 年代末期。1976 年先后建成的我国四川化工厂第一套引进大型合成氨-尿素装置和北京燕山石化公司引进大型乙烯及其下游产品装置,在组织开工过程中,即开始使用了总体试车方案。经过不断的实践、总结和完善,在各个行业已逐步形成一种制度。中国石油化工总公司于 1990 年制定的“石油化工建设项目生产准备与投料试车工作制度”中规定:“建设单位应根据设计要求和〈生产准备纲要〉,于投料试车一年以前,在集思广益的基础上,编制出总体试车方案”。总体试车方案与单个装置试车方案的主要区别在于“总体”二字,该方案的主要目的是组织协调各装置之间包括上下游装置之间,主装置和公用工程装置之间的相互配合关系以期安全顺利而又最经济的启动一个工厂或大中型联合装置。进入 90 年代以后,许多大中型化工联合装置的总体试车方案编制工作日趋科学和完善,并为顺利地启动这些装置发挥了重要的作用。

实行总体试车方案制度是化工装置日趋大型化,现代化以及社会经济体制改革的必然结果,这是由于以下几个原因。

(1) 社会主义市场经济体制的建立把企业推向了自主经营,自负盈亏的法人经济实体地位。固定资产投资体制也发生了重大的变化,化工装置建设的资金来源也由过去的国家拨款,无偿使用改为自有资金和银行贷款。化工装置自建设开始之日起,企业就要承担起还本付息的责任。化工装置的建设与生产已由社会行为转变为企业的经济行为,大型化工装置在试车期间,只有投入,没有产出,其资金损耗少则几百万元,多则几千万元。数额之大十分惊人。经济学家对大型化工装置自开车之日起到通用折旧寿命期的一般盈亏情况进行大量调查后绘出了如图 1-1 的曲线。

由图可见,开工第一年是亏损最严重的一年,而其亏损额往往要用 3~5 年时间才能填平,因为基建的债务在最初几年基本上是全额债务,还本付息的压力非常大。因此,通过总体试车方案的制定和实施,用最少的资金迅速顺利地启动化工装置并使之尽早步入盈利状态,已是每个企业领导和职工不得不认真考虑的问题。

(2) 现代化工装置大型化、超大型化的发展,即为企业带来了规模效益,同时也形成了规模消耗。一套以轻油为原料的大型合成氨-尿素工厂开工,至少需要储存上万吨的油品和近百种化工物料,当锅炉开工后,每天至少耗用燃料油 180t。当转化炉投料后,每天至少耗用轻油 200t。单此两项,其资金损耗每天即约 50 万元。一套大型乙烯装置,如果在开工阶段发