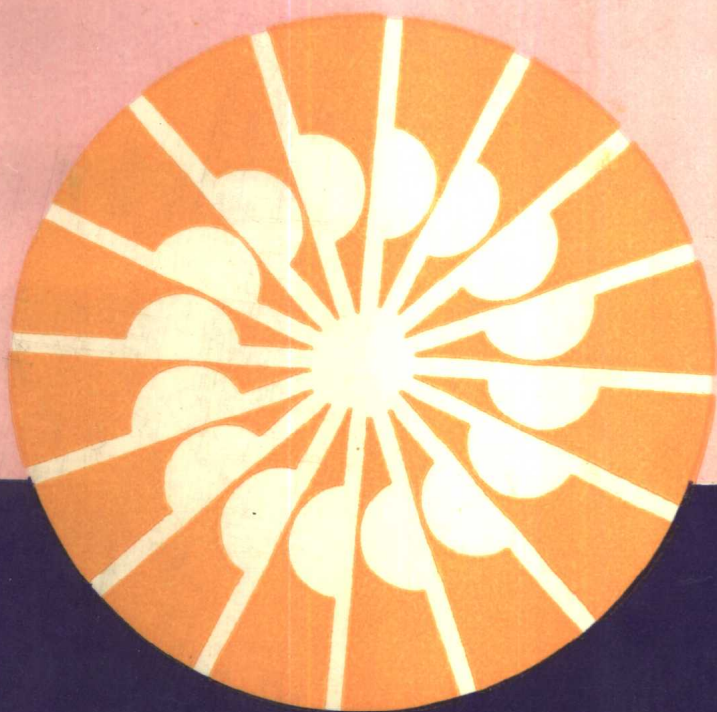


HUAFEIQIYE
CHANPINNENGPINGHENG

化肥企业产品能平衡

冯元琦 主编



化学工业出版社

化肥企业产品能平衡

冯元琦 主编

化学工业出版社

内 容 提 要

本书是根据国务院有关部委下发的关于节能和开展能量平衡的文件,以及国家标准总局1981年颁发的GB2586~2589-81四项能源标准,由化工部化肥司总工程师冯元琦同志组织编写。

全书共分8篇,91章。主要内容有:能平衡的基础知识,测量知识,合成氨系统的能平衡,氮肥产品能平衡,磷肥产品能平衡,硫酸产品能平衡,纯碱产品能平衡,公用工程系统能平衡等等。

能源是发展国民经济的重要基础。能耗和能源枯竭已经引起人们对能源问题的高度重视。本书从当前化肥企业的实际情况出发,阐述了主要用能设备,生产工序、产品核算的能平衡范围,能平衡方法,以指导能源利用,加强能源管理。

本书具有工具书的性质,非常实用,适合于化肥企业从事节能、能平衡工作的技术员、管理人员,领导机关的有关管理人员及有关教学工作人员参考。

化肥企业产品能平衡

冯元琦 主编

责任编辑:朱振东

封面设计:郑小红

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本787×1092¹/₁₆印张84¹/₂·字数2116千字

1989年6月第1版 1989年6月北京第1次印刷

印 数 1—3,000

ISBN 7-6025-0196-7/TQ·153

定 价 26.20元

序

当今世界，能源耗费迅猛增长，而石油天然气资源日益枯竭。世界性的两次危机，直接挑起了开发能源和节约能源的斗争。很多国家纷纷寻求对策。我国是社会主义国家，一贯主张以创造财富和节约财富的统一辩证思想，我国的能源政策是开源节流。

能源是发展国民经济的基础之一，不论工业、农业或社会、家庭，都有责任来节约能源。化肥工业是化学工业的重要部门，也是用能较大的行业。以合成氨为例，1985年9月我曾去荷兰考察，看到美国凯洛格公司设计的合成氨厂，采用了一系列高效节能技术，如烟道气热能回收、新的物理法脱除二氧化碳、卧式合成塔以及气体温度和组分的优化控制等，使吨氨能耗低达690万大卡。我国一九八一年大中小型合成氨装置的吨氨平均能耗分别为1009、1663和2040万大卡。近年来，通过加强企业管理、技术改造和节能措施，一九八四年分别下降到978、1584和1668万大卡。获得这样的成绩，加强能源管理是十分重要的原因之一。但与国外先进水平相比，还存在较大的差距，节约能源的潜力很大。要搞好用能工作，就要加强用能管理，能平衡工作就是其中重要的内容，是最基本的基础工作。通过能平衡来实现合理用能、科学用能，可以提高企业经济效益和社会效益。

《化肥企业产品能平衡》是根据我国加强能源管理，要求化肥企业搞好能平衡工作而编写的。本书从当前化肥企业的实际情况出发，按照产品从主要用能设备、生产工序、核算产品能平衡，以指导能源利用。

冯元琦在化工部化肥司任总工程师时，通过工作实践，总结资料，组织编写，是来自工作过程，再用于工作的过程。此书一九八一年筹备，一九八二年编制各种化肥产品能量平衡方法，并印发各企业，在重点企业进行了试测和考核，一九八四年组织编写本书初稿，一九八五年完成最后定稿。

在筹备、编制方法、测定考核、组织编写等阶段，化肥司和有关企业的工作人员、业务人员、专家学者在提供资料、准备现场、组织测试、参加编审等工作中，做了大量工作，提出很多宝贵意见，付出了辛勤劳动。我以工作岗位支持节能工作，也支持编写这本书。当这本书即将出版之际，感到十分高兴。希望这本书能够对化肥企业在能源管理和节能工作中起到很好的作用。

刘 刚

1985年12月14日

编者说明

一、本书编写是依据国务院有关委、部下发的有关节能和开展能量平衡的文件精神，以及国家标准总局1981年颁发的GB2586~2589-81四项能源标准。书中所涉及到的部分术语、界限、基准、测试方法和计算范围等等，均按有关文件规定，如企业辅助能耗和辅助能耗系数这两个概念，这在过去的课本里是没有的，这是能源管理工作新提出的两个概念，而且有关文件规定两个概念的定义和计算方法。又如余热的标准，按科学性来讲，余热温度标准应该定为开式温标273.16K，或者环境温度。化工部（82）化调字第140号文件规定的余热温度标准是根据目前企业实际情况和技术发展水平，硬性的规定了各种余热物料的温度标准，我们认为这些温度标准虽然在理论计算上不够科学严谨，但是符合实际情况，有实际的应用意义。

二、本书编写以科学性为基础，强调注重实用性，力图使化肥企业管理干部、工程技术人员和工人拿到此书后，根据书中给出的测试点、测试方法和计算方法以及重点计算题例，能够开展能量平衡工作。特别考虑到一些基础差的企业，由于技术力量薄弱，工作条件较差，因此在测算方法上作了多种交待，以便这些企业也能开展此项工作。

三、企业能量平衡工作，严格来讲是一种统计工作，但又不是简单的统计工作。开展企业能量平衡的目的是要摸清企业能源结构，能源利用、损失和浪费情况，以便找出节能的潜力和方向，所以不能用一般统计方法来搞这项平衡工作。本书以产品能量平衡为企业能量平衡基础，一个企业的产品能量平衡搞清楚了，企业能量平衡就清楚了。

每个产品按生产流程分成标准工序进行能量平衡，并以用能设备的能平衡为主。这样就可以从设备到工序搞清每个产品的用能状况。

化肥产品生产是由不同的单元操作和设备组成的，既有相异也有相同。本书对通用设备的能平衡，如风机、水泵、工业锅炉、换热设备等只作一次举例；对专用的化学反应设备和专用的用能设备，在每个工序能平衡中都作了详细介绍。对于一些小的用能设备则均划到工序能平衡中统一计算。

四、关于计算基准问题，从实际出发，从实用出发，既考虑到理论标准，又照顾到现实性。我们所引用的物化数据，有0℃、18℃、20℃、25℃情况下数据，没有硬性规定一个基准温度，只是规定各个产品能平衡计算基准温度一致就可以了，如0℃、25℃，或者实际环境温度。又如物化数据中的卡或大卡，有四种基准，严格来讲不同卡是不能相加合的。由于这不同基准所引起的误差，远远小于有关文件规定的企业能平衡允许误差，所以本书规定不论是那一种，均视为等值，可以相加。

五、本书编写能平衡的产品，是根据化肥行业习惯性所管产品而编写的，包括合成氨、氮肥、磷肥、硫酸、纯碱和甲醇等产品。由于化工生产工艺和综合利用，特别是企业经济向深度加工、多种经营方向发展，这些产品大部分在一个工厂或联合企业里生产，既从这种实际情况出发，又从化工生产和产品之间有许多相同和借鉴之处，故此决定统一编印成册。

六、本书从实际出发，重要的、典型的均举有题例，这些题例都是有关企业实测所得。理论计算只能作为检验实际测试的依据，而不能反映生产实际情况，不能作为改进用能效率

的依据。因此专门设置了测量知识一篇，要求化肥企业要按国家规定配备好各种计量仪表，使用和维护好计量仪表，这是搞好能平衡测量工作的物质基础。

本书是在化工部化肥司领导同志的关怀和支持下，组织编写的。本书执笔人有梅加干、任来喜、刘少武、方健吾、刘美生、贺友林、饶钟尧、金秀龙、吴金富等九位同志。全书由梅加干、任来喜同志统稿。本书在编审工作中得到傅孟嘉、曹恒武、宗振东、余敏、汤桂华、陈玉如、张传志、龚征文、诸森泉、钱镜清、蒋坤良、陈跃汉、华士珏、邓少庚、齐焉、邹静娟等同志的支持和帮助；同时还得到淮南化肥厂、大化公司碱厂、天津碱厂、南化公司氮肥厂和磷肥厂、江西东乡磷肥厂、安徽省石油化工厅、淮南市化肥公司、广州氮肥厂、四川化工总厂、湘江氮肥厂、石家庄化肥厂、吉化公司化肥厂、上海吴泾化工厂、中国成都化工工程公司、化工部制碱工业研究所、青岛碱厂、自贡鸿鹤化工总厂、湖北省化工厂、南化公司设计院、上海化工研究院、上海硫酸厂、湛江化工厂、太原化工公司、大化公司化肥厂、云南省磷业公司、厦门化肥厂、福州硫酸厂、福建省化肥农药工业公司、丹阳化肥厂等单位的支持，在此一并表示感谢。

前 言

能源是人类赖以生存和发展的重要物质基础，是国民经济发展的命脉和血液。

人们在社会实践中，特别是在生产斗争和科学实验中，都要以能源作为动力或原料，生产社会所需要的各种物资，改造和征服大自然，向更新的科学领域里进军，把人类社会推向前进。一个社会、一个国家或者一个民族，对能源开发和利用的程度，都表明了这个社会、国家或民族的文明程度和科技水平。随着人类文明的发展，人类对能源的需求量也越来越大。而巨大的能源消费造成两大问题：一是化石能源日趋枯竭，二是对环境造成污染。因此，控制和合理使用化石能源和保护环境，日益引起人们的关注。

我国是一个能源蕴藏量和能源开发量丰富的大国之一。1985年生产原煤8.5亿吨，原油1.25亿吨，水力发电910亿度，约折标准煤为8.8亿吨，居世界第三位。但是按人口平均所占有的能源量只有0.8吨，低于世界平均水平，只相当于先进发达国家五十年前的水平。与此同时，由于历史的原因，我国还是一个发展中国家，在科学技术和管理上仍然比较落后，能源使用中的损失和浪费比较严重，能源利用率比较低。据统计，全社会的能源利用率只有25%~28%，与先进和发达的国家相比存在着很大的差距，与实现现代化目标的要求也有很大差距。对此，我国的能源政策是开发与节约并重，近期把节约放在首位，即一方面积极搞好开发，另一方面努力提倡节约能源，这把节能工作放在突出的战略地位上。

化学工业是耗能的重点工业之一，化肥工业又是其中耗能最大的行业。在化肥生产过程中，既以能源为原料，又以能源为动力。根据1983年的统计，化工系统消耗各种能源折算标煤为7400万吨，占全国能源消耗总量的18%以上，仅次于冶金系统，约占全国工业系统总能耗的1/5；而化肥行业消耗各种能源折算标煤为3700万吨，约占化工系统的60%。由于我国化肥生产比较落后，多数企业的设备陈旧，管理不善，能源利用率很低。以合成氨为例，1983年全国平均吨氨能源利用率仅为32%。特别是随着国民经济的发展和改革的深入，化肥企业面临着新的挑战，即新技术革命和能源合理利用的挑战，而企业能平衡是能源合理利用的重要基础工作。

自1978年国务院加强能源管理、深入开展节能工作以来，多次要求工矿企业进行热平衡测试工作。1978年国家计划委员会和国家经济委员会联合下发的计节〔1978〕697号文件，即《关于开展热能利用情况调查工作的通知》，在通知中明确指出：“……所有企业都要搞热平衡，把各种余热充分利用起来。”并将重点合成氨、硫酸、磷肥和纯碱生产企业列为热能利用情况调查的重点企业。1979年国家计划委员会和国家经济委员会联合下发的计物〔1979〕412号文件，即《转发中国燃料公司〈关于开展企业热平衡工作的情况和意见〉的通知》，再次强调指出：“企业热平衡是加强能源管理，降低能源消耗的一项十分重要的基础工作。”“要求所有企业都要搞好热平衡，搞好余热利用，大力节约能源的消耗。”1980年国家经济委员会下发的经燃〔1980〕234号文件，即《关于搞好节能工作和开展全国第二次节能月活动的通知》；1981年国家经济委员会、国家计划委员会、国家能源委员会联合下发的经能〔1981〕162号文件，即《关于试行〈对工矿企业和城市节约能源的若干具体要求〉的通知》（简称58条）；以及1986年国务院颁发的“节约能源管理暂行条例”中规定：重点企业实行综合能耗

考核和单项能耗考核，企业要把能平衡列为节能管理的基础工作。以上通知和规定都反复强调要积极开展企业能平衡工作。

近年来，化肥行业和全国其它行业一样，对能源的管理工作有了新的认识。企业加强了以节能为中心的技术改造，从管理上杜绝了一些损失和浪费，从技术上采用了节能的新技术、新设备、新工艺和新材料，提高了产品能源利用率，涌现出一批节能的先进单位。如江苏省太仓化肥厂，以煤为原料制取合成氨，经过测定，吨氨能耗不超过 $1.25 \times 10^7 \text{kcal}$ ，这可与引进的山西省化肥厂粉煤气化制取合成氨的吨氨能耗相比，吨氨的能源利用达到41%。硫酸生产，原来是需要外界向系统供应能源，近几年利用余热发电，使硫酸生产从耗能型转变为向外供能型的产品。纯碱生产中如青岛碱厂联碱法和氨碱法的吨碱能耗1985年比1983年分别降低2.6%和7.8%。总之，只要提高了对能源管理的认识，切实抓好技术管理和节能技术改造，化肥行业节能工作必将取得更大的成绩，产品能源利用率还将会有较大幅度提高。

能量平衡工作，是近几年来在生产企业中、新开展的一项工作，是一项涉及多学科各部门领域的工作。我们根据国务院要求和企业的反映，在调查研究的基础上，1982年，组织部份企业先后编写了《氮肥企业能量平衡方法》和《硫酸磷肥产品能量平衡方法》，交由企业试行，几年来的实践表明，凡是经过能平衡测试工作的企业，基本上收到了企业能量平衡的效果，初步明确了企业的节能工作的内容，同时促进和加强了计量工作的开展，锻炼了工程技术人员和能源管理人员，提高了工人的技术素质，推动了计算机的应用，改善了企管理工作等，并且认识到能量平衡工作是一项非常重要的基础管理工作。在此基础上，我们又根据企业实际试行情况，广泛征求意见，在原来编写的基础上，删繁就简，编写了《化肥企业产品能平衡》一书。

企业进行能平衡工作的目的是：全面系统地掌握企业能耗状况；考察企业和主要用能设备的耗能水平，找出企业浪费能源的所在；查清企业节能的潜力；明确企业节能的方向；考核企业节能的效果。为实现合理用能、节约用能和有效用能提供科学的依据。

有人主张用“投入产出”法来进行能平衡工作，通过实践，这种方法仅相同于生产消耗定额的测定，只能找出产品的各种能源消耗是多少，并不能找出各种能源利用的情况。因此，要搞好节能工作和产品能量平衡必须以主要设备能平衡和工序能平衡为基础，才能查清各种能量的利用情况，从而查出余热资源和余热利用的可能性和合理性，以达到合理利用能源和节约能源。

由于我们水平所限，错误之处，在所难免，请予指正，至所企盼。

目 录

前言

第一篇 基础知识

第1章 能平衡的基础知识	1
1.1 能量转换与守恒定律	1
(1.1) 能、能量与能源	1
(1.2) 能量转换与守恒定律	3
(1.3) 热力学第一定律	3
(1.4) 盖斯定理及其应用	4
(1.5) 热力学第二定律	6
1.2 能平衡中有关量值及符号	6
(2.1) 能量单位	7
(2.2) 能平衡中有关的术语及符号	7
1.3 企业能平衡	10
(3.1) 体系	10
(3.2) 企业能平衡的内容	10
(3.3) 能源利用率和理论能耗	20
(3.4) 余热	23
(3.5) 能平衡工作和节能措施的评价	25
附录1 有关物质标准生成焓	29
附录2 有关物质的燃烧焓	29
附录3 各种物料的功指数	30
附录4 搅拌器的功率准数 K_N 值	31
附录5 有关元素(单质)的化学焓	31
附录6 在不同温度、压力下部分气体的平均热容	32

第二篇 测量知识

第2章 化工生产的温度、压力和流量的测量	58
2.1 温度的测量	58
(1.1) 温标	58
(1.2) 测温仪表	59
(1.3) 测量温度时应注意的事项	62
(1.4) 化工设备及管道表面温度的测量	62
2.2 压力的测量	63
(2.1) 大气压力、工程压力和绝对压力	63

(2.2) 法定压力计量单位和各种常用压力单位换算	64
(2.3) 压力仪表的选用	64
(2.4) 取压装置的安装	67
2.3 流量测量	71
(3.1) 流量测量的基本条件	71
(3.2) 化工行业各种介质流量仪表选用参考表	72
(3.3) 流量的修正	72
第3章 重量测量	103
3.1 重量测量在化工企业的应用	103
(1.1) 称重仪表概况	103
(1.2) 重量测量在化工行业中的应用	103
3.2 皮带秤	103
(2.1) 皮带秤的分类	104
(2.2) 电子皮带秤的简单工作原理	104
(2.3) 皮带秤的应用	104
3.3 轨道衡	105
(3.1) 轨道衡的分类	105
(3.2) 静态轨道衡	105
(3.3) 动态称量轨道衡	106
(3.4) 轨道衡的检定和使用注意事项	108
3.4 体积法计量	109
附录1 流量测量的几种特殊装置	109
F.1 堰式流量计的原理和应用	109
(1.1) 堰式流量计的工作原理	109
(1.2) 堰式流量计的分类	110
(1.3) 几种堰式流量计的实用流量方程式	112
(1.4) 薄壁堰的结构	117
(1.5) 液位的测量	119
F.2 动压测定管(皮托管)	119
(2.1) 带半圆球头的动压管	120
(2.2) 带截头圆锥形头的动压管	121
F.3 笛形均速测定管	123
(3.1) 笛形均速测定管的测量原理	123
(3.2) 笛形均速测定管的结构	124
(3.3) 笛形均速测定管的安装要求	125
F.4 旋涡流量计	125
(4.1) 工作原理	125
(4.2) 旋涡频率的检测	126
(4.3) 旋涡流量计的特点	126
F.5 液氮计量	127

(5.1) 液位计量法	127
(5.2) 利用仪表对液氨进行自动计量	127
(5.3) 液氨计量装置的系统流程图和计量仪表的状况	130
附录 2	131
1. 常用法定计量单位	131
2. 用于构成十进倍数和分数单位的词头	133
3. 松散物料的堆比重和安息角	134
4. 材料线膨胀系数 α	135
5. 常用材料的重度	135
6. 常用压力单位换算	136

第三篇 合成氨系统的能平衡

第4章 原料准备和运输工序	140
4.1 液态烃类原料准备和输送	140
(1.1) 液态烃类原料准备和输送工序的物流图和测点设置	140
(1.2) 主要项目的测试方法	140
(1.3) 原料油的平衡	143
(1.4) 单位原料油能耗的计算	143
4.2 用原料油萃取炭黑工序	144
(2.1) 工序的物流图和测点设置	144
(2.2) 测试项目和主要项目的测试方法	145
(2.3) 工序的物料平衡	145
(2.4) 制取单位重量油炭浆的能耗	146
4.3 气态烃(轻油)原料准备工序	146
(3.1) 工序的物流和测点设置	146
(3.2) 测试内容	146
(3.3) 主要项目的测试方法	147
(3.4) 物料平衡	147
(3.5) 主要设备的热效率计算	148
(3.6) 单位原料气体(或轻油)能耗计算	150
4.4 固体原料准备和输送工序	150
(4.1) 测试内容	151
(4.2) 主要项目的测试办法	151
(4.3) 物料衡算及单位原料的能耗	151
4.5 煤球工序	152
(5.1) 测试内容	152
(5.2) 主要项目的测试方法	153
(5.3) 有关物料消耗和能耗的计算	153
第5章 造气工序	154
5.1 固体燃料固定床层间歇法造气工序	154

(1.1) 物流图及测点布置·····	154
(1.2) 测定项目及方法·····	154
(1.3) 主要用能设备效率计算·····	159
(1.4) 工序物料衡算·····	171
(1.5) 工序热量、能量平衡及能耗计算·····	175
5.2 固体块状燃料富氧气化工序·····	182
(2.1) 主要用能设备计算·····	183
(2.2) 工序计算·····	186
5.3 重油部份氧化制气工序·····	190
(3.1) 测定项目及主要项目测试方法·····	190
(3.2) 主要设备效率计算·····	194
(3.3) 工序能平衡计算·····	198
5.4 天然气间歇催化转化工序·····	200
(4.1) 测试项目及主要项目测试方法·····	200
(4.2) 主要用能设备计算·····	201
(4.3) 工序物料、热量、能量及能耗计算·····	207
5.5 烃类蒸汽转化制气工序·····	210
(5.1) 测试项目及主要项目的测试方法·····	210
(5.2) 主要设备的效率计算·····	213
(5.3) 工序物料、热量、能量及能耗计算·····	221
5.6 气态烃部份氧化制气工序·····	225
(6.1) 测试内容和主要项目测试方法·····	225
(6.2) 主要设备效率计算·····	227
(6.3) 工序物料、热量、能量平衡和能耗计算·····	231
第6章 气体净化系统·····	235
6.1 除尘工序·····	235
(1.1) 主要测定项目及方法·····	235
(1.2) 主要设备效率计算·····	235
(1.3) 工序能耗计算·····	241
6.2 脱硫工序·····	241
(2.1) 液相脱硫·····	241
(2.2) 固相脱硫·····	247
6.3 一氧化碳变换工序·····	250
(3.1) 中温变换工序·····	250
(3.2) 低温变换工序·····	258
6.4 脱碳工序·····	261
(4.1) 水洗工序·····	261
(4.2) 溶液脱碳工序·····	269
第7章 气体压缩工序·····	277
7.1 往复式压缩机物流图及测点·····	277

7.2 测定主要内容及方法	278
7.3 压缩机效率计算	278
第8章 气体精制工序	285
8.1 碱液(或氨水)吸收CO ₂ 装置	285
8.2 铜氨液洗涤与再生工序	285
(2.1) 主要测定项目及方法	286
(2.2) 主要用能设备效率计算	287
(2.3) 工序物料、热量及能平衡计算	290
8.3 甲烷化工序	293
(3.1) 主要测定项目及测定方法	293
(3.2) 主要设备效率计算	294
(3.3) 工序物料、热量、能平衡及能耗计算	295
8.4 液氮洗涤精制工序	298
(4.1) 主要测定项目及方法	299
(4.2) 主要用能设备效率计算	300
(4.3) 工序物料、能量及净化能耗计算	302
第9章 氨合成工序	305
9.1 主要测定项目及方法	305
9.2 主要设备效率计算	306
9.3 工序物料、热量、能量及能耗计算	312
9.4 关于合成氨产品能平衡	315
第10章 甲醇产品系统	322
10.1 甲醇合成工序	322
(1.1) 主要测定项目及方法	322
(1.2) 主要设备效率计算	323
(1.3) 全工序物料、热量及能耗计算	329
10.2 粗甲醇精馏工序	331
(2.1) 主要测定项目及方法	331
(2.2) 主要设备效率计算	333
(2.3) 工序物料、热量平衡及能耗计算	337
10.3 甲醇合成全系统有关能平衡计算	339
附录1 几种燃料的比热计算公式	341
附录2 气体热容的数据表	342
附录3 几种溶液的比重和比热数据表	344
附录4 气体的溶解度	348
附录5 铜氨液组成	352
附录6 常用气体的标准焓	353
附录7 气体在某些吸收剂中的溶解热	353
附录8 液氨及其水溶液的理化数据	354
附录9 甲醇的一般性质	354

第四篇 氮肥产品能平衡

第11章 硝酸	356
11.1 稀硝酸产品能平衡	356
(1.1) 氨接触氧化工序	356
(1.2) 吸收工序	367
11.2 浓硝酸产品能平衡	382
(2.1) 直硝生产系统	382
(2.2) 硝酸镁法制浓硝酸系统	400
第12章 硝酸铵	405
12.1 结晶法硝酸铵	405
(1.1) 物流图及测点布置	405
(1.2) 测定项目及方法	405
(1.3) 主要设备热效率计算	407
12.2 造粒法硝酸铵	414
(2.1) 物流图及测点布置	414
(2.2) 测定项目及测定方法	414
(2.3) 主要设备计算	414
12.3 多孔粒状硝酸铵	418
(3.1) 物流图及测点布置	418
(3.2) 测定项目及方法	418
(3.3) 主要设备计算	419
12.4 硝酸铵系统物料、热量、能量及能耗计算	422
第13章 碳酸氢铵生产系统	426
13.1 浓氨水制备工序	426
(1.1) 物流图及测点布置	427
(1.2) 主要测定项目及测定方法	427
(1.3) 主要设备计算	427
(1.4) 工序物料、热量、能量、能耗计算	427
13.2 碳化工序	430
(2.1) 物流图及测点布置	430
(2.2) 主要测定项目及测定方法	430
(2.3) 主要设备热利用率计算	431
(2.4) 工序物料、热量、能量及能耗计算	436
13.3 全系统的物料、热量、能量、能耗计算	439
第14章 硫酸铵生产系统	442
14.1 硫酸铵能平衡测定	442
14.2 设备计算及举例	444
14.3 全系统物料、热量、能量及能耗计算	448
第15章 尿素生产系统	451

15.1 二氧化碳压缩工序	451
15.2 氨的输送工序	454
15.3 尿素合成工序	455
15.4 循环系统(工序)	465
15.5 蒸发造粒工序	480
附录1 有关物质的物化数据表	495
附录2 有关的物化数据图	500

第五篇 磷肥产品能平衡

第16章 普钙生产系统能平衡	506
16.1 供矿工序	506
(1.1) 风扫磨流程	506
1. 物流图及测点设置	506
2. 测定项目	506
3. 主要项目的测定方法	508
4. 主要设备能平衡	509
5. 工序物料平衡	515
6. 工序能量平衡	515
7. 工序能耗计算	517
8. 设备能平衡举例	517
(1.2) 干燥窑加球磨机流程	524
1. 物流图及测点设置	524
2. 测定项目及主要项目测定方法	524
3. 主要设备热效率的计算	524
4. 工序物料能量平衡	527
5. 工序能耗计算	527
(1.3) 湿磨流程	527
1. 物流图及测点设置	527
2. 测定项目	527
3. 主要项目的测定方法	527
4. 工序物料平衡	527
5. 工序能耗计算	528
16.2 混化工序	529
(2.1) 物流图及测点设置	529
(2.2) 测定项目	529
(2.3) 主要项目的测定方法	531
(2.4) 主要设备能平衡	531
(2.5) 工序物料平衡	535
(2.6) 工序能量平衡	536
(2.7) 工序能耗计算	537

(2.8) 主要设备热平衡举例	537
16.3 熟化工序	543
(3.1) 鲜肥在熟化期失重率的测算	543
(3.2) 鲜肥熟化后实物普钙量	543
(3.3) 实物普钙折成100% P_2O_5 量	543
(3.4) 工序能耗计算	544
16.4 氟吸收工序	544
(4.1) 物流图和测点设置	544
(4.2) 测定项目	544
(4.3) 主要项目的测定方法	545
(4.4) 主要设备热平衡	545
(4.5) 工序物料平衡	547
(4.6) 工序能量平衡	548
(4.7) 工序能耗计算	548
16.5 普钙产品能平衡	548
(5.1) 普钙产品产量的核算	548
(5.2) 主要物料平衡	548
(5.3) 普钙产品的能量平衡	549
(5.4) 普钙产品能源利用率的计算	549
第17章 固体磷铵	551
17.1 萃取过滤工序	551
(1.1) 物流图及测点设置	551
(1.2) 测定项目	551
(1.3) 主要项目的测定方法	554
(1.4) 萃取槽能平衡	554
(1.5) 工序物料平衡	557
(1.6) 工序能量平衡	558
(1.7) 工序能耗计算和萃取磷酸单耗计算	558
(1.8) 萃取槽能平衡举例	559
17.2 浓缩工序	563
(2.1) 稀酸浓缩流程	563
1. 物流图及测点设置	563
2. 测定项目	563
3. 主要项目的测定方法	565
4. 列管加热器热平衡	566
5. 工序物料平衡	567
6. 工序能量平衡	568
7. 工序能耗计算	568
(2.2) 料浆浓缩流程	568
1. 物流图及测点设置	569

2. 测定项目	569
3. 主要项目的测定方法	570
4. 主要设备能平衡	570
5. 工序物料平衡	572
6. 工序能量平衡	573
7. 工序能耗计算	573
(2.3) 中和、造粒和干燥工序	574
1. 物流图及测点设置	574
2. 测定项目	574
3. 主要项目的测定方法	576
4. 主要设备能平衡	577
5. 工序物料平衡	579
6. 工序能量平衡	580
7. 工序能耗计算	581
8. 产品能平衡和能源利用率的计算	581
第18章 湿法重钙	582
18.1 混化工序	582
(1.1) 物流图及测点设置	582
(1.2) 测定项目	582
(1.3) 主要项目的测定方法	583
(1.4) 混化器能平衡计算	584
(1.5) 工序物料和热量衡算	586
(1.6) 工序能耗计算	586
18.2 返料干燥工序	586
(2.1) 物流图及测点设置	586
(2.2) 测定项目	586
(2.3) 主要项目的测定方法	587
(2.4) 主要设备能平衡	587
(2.5) 工序能耗计算	589
(2.6) 产品能平衡和能源利用率的计算	589
第19章 硝酸磷肥	590
19.1 酸解工序	590
(1.1) 物流图及测点设置	590
(1.2) 测定项目	590
(1.3) 主要项目的测定方法	591
(1.4) 酸解槽能平衡	591
(1.5) 工序物料平衡	592
(1.6) 工序热量平衡	592
(1.7) 工序能耗计算	594
19.2 冷冻结晶工序	594