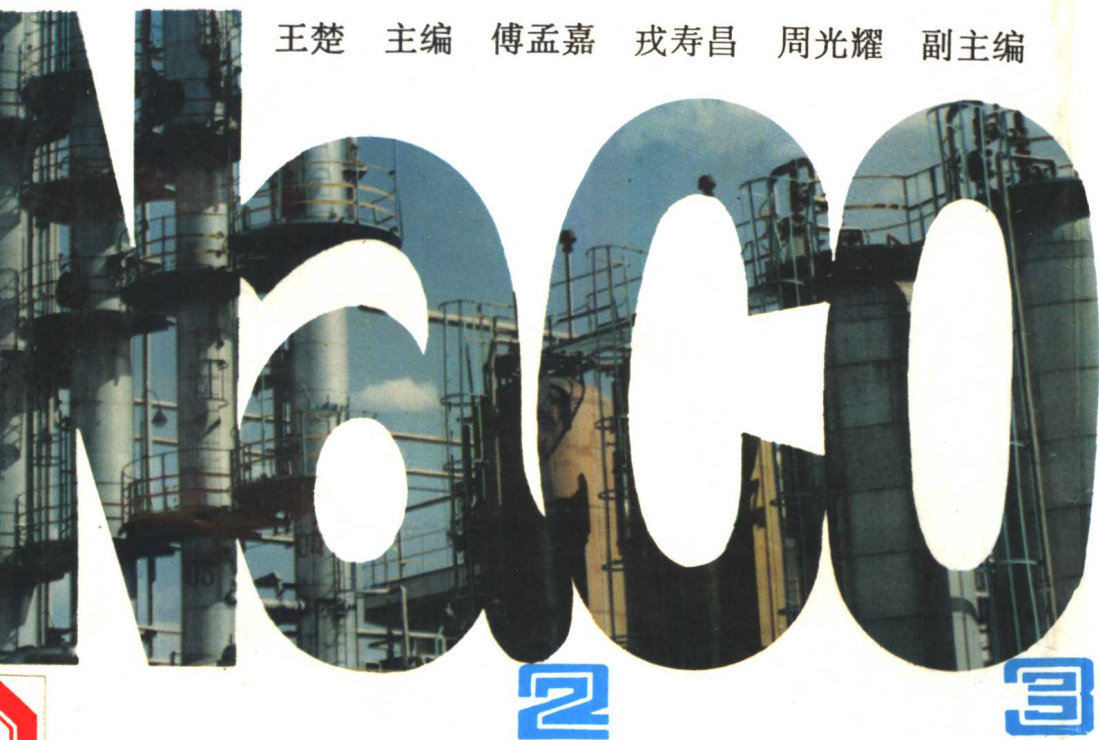


中国纯碱工业协会推荐

纯碱行业人员进修教材之六——工程技术人员读本

纯碱生产工艺与设备计算

王楚 主编 傅孟嘉 戎寿昌 周光耀 副主编



化学工业出版社

纯碱生产工艺与设备计算

王 楚 主 编

傅孟嘉 戎寿昌 周光耀 副主编

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

纯碱生产工艺与设备计算/王楚主编. —北京:化学工业出版社, 1995. 9

ISBN 7-5025-1554-2

I. 纯… II. 王… III. 纯碱生产-生产工艺 IV. TQ114.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 09239 号

出版发行: 化学工业出版社(北京市朝阳区惠新里 3 号)

社长: 侯培宗 总编辑: 霍剑秋

经 销: 新华书店北京发行所

印 刷: 三河市科教印刷包装集团

装 订: 三河延厚装订厂

版 次: 1995 年 10 月第 1 版

印 次: 1995 年 10 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32

印 张: 23 1/4

字 数: 674 千字

印 数: 1—4000

定 价: 29.00 元

《纯碱生产工艺与设备计算》编写组

主 编	王 楚		
副 主 编	傅孟嘉	戎寿昌	周光耀
作 者	(以章节次序排列)		
	禹振寰	国振旺	华士珏
	李 义	陈耀汉	朱尚勤
	严庆华	周光耀	李义曾
	陈奕俭	孔令魁	何赐勋
	宣叔衡	吴忠寿	李鹤廷
	郭正翰		

责任编辑 叶铁林

封面设计 于 兵

序 言

1988年散文同志谈及中国纯碱工业协会为提高行业职工素质,正在组织编写一套《纯碱行业人员技术进修丛书》,并介绍了丛书的主要内容,听了不胜欣慰。

转眼六年过去了,看到《丛书》前五册已陆续出版。金秋季节又听说《丛书》的第六册《纯碱生产工艺与设备计算》一书也大功告成,正处在誊清阶段。很钦佩这些有志者艰苦奋斗的敬业精神。衷心祝贺协会领导和全体编撰人员成功。

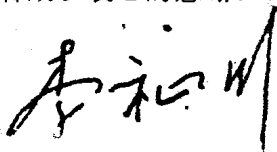
完全由我国技术人员主持的纯碱工程设计是始于1955年进行的351工程(西宁碱厂)。1957年在侯德榜博士指导下开始进行了年产35万吨联合制碱生产装置的设计。1958年由大连设计研究分院承接年产8万吨(氨碱法)自贡鸿鹤化工总厂和青岛化肥厂工程的设计任务。之后,先后承接有关国内外纯碱工程的设计任务不下百余个。但始终未见一本能指导纯碱设计的系统的计算书籍出版。

这次中国纯碱工业协会组织了行业中经验丰富的专家,历时两年多,几经修改定稿成书,反映了撰著者严谨的治学态度。

本书内容丰富,计算精当,体现了我国当代纯碱工业的技术水平和纯碱设计人员的精湛技艺,是我国四五十年来从事纯碱工程设计经验的总结。《纯碱生产工艺与设备计算》一书的出版,也是我国又一次为推动世界纯碱工业发展所作的贡献。

深感自己年近多病,已长时期脱离纯碱生产和设计实践,无力接受为本书作序的殊荣,但碍于协会领导的盛情相邀和有感编著者的辛勤劳动,才勇于执笔。

最后,谨向中国纯碱工业协会的领导和《纯碱生产工艺与设备计算》一书的编撰者致以衷心的感谢!祝你们事业有成!



1994.10月 识于大连

前 言

《纯碱生产工艺与设备计算》是由中国纯碱工业协会组织编写的纯碱行业人员技术进修丛书之六。

我国自行设计纯碱工程迄今已有四五十年历史,承接过国内外大小纯碱工程过百,但至今尚未见一本能指导纯碱工程设计的系统的计算书籍问世,国际上也鲜见这类文献发行。为认真总结纯碱工程设计的经验,进一步提高纯碱工程设计人员的业务水平,协会早在1990年纪念侯德榜诞辰一百周年活动过程中,就着手酝酿提纲、物色撰著人员,几经磋商,得到各有关单位的合作与支持,成立了本书的写作班子。

中国纯碱工业协会要求在本书中体现我国当代纯碱工业的技术水平,体现我国纯碱工程设计人员的经验,并要求全书内容丰富,计算精练。希望《纯碱生产工艺与设备计算》能成为一本对纯碱工程设计人员具有指导意义的参考书。编撰过程中,我们克服各种困难,努力按这一高标准的要求,几经修改,始抵于成。

在编写过程中得到化工部第八设计院、天津碱厂、大连化学工业公司、化工部大连化工研究设计院、上海浦东化工厂、速达碱业有限公司、化工出版社等单位的大力支持,又蒙我国纯碱工程设计前辈、专家李祉川先生厚爱,在重病期间为本书作序鼓励,在此一并表示深切的谢忱。

由于参加编写人员水平有限,并且时间紧迫,成书仓促,错误或不足之处敬请广大读者指正。

编 者

1994年12月

内 容 提 要

本书是中国纯碱工业协会推荐并组织编写的纯碱行业人员进修教材之一。主要讲述纯碱生产过程中的各项工艺设计数据的计算和设备的设计数据的计算。其中包括过程中的物料平衡和热量平衡计算、原料、材料、能耗的计算;设备主要尺寸的计算和选型计算。

本书可供从事纯碱生产、研究、设计的工程技术人员阅读,也可供有关院校师生参考。

371-274

115:3

4. 2630

目 录

第一章 石灰石煅烧及灰乳制备	(1)
符号说明	(1)
第一节 石灰石煅烧	(7)
一、石灰石煅烧的反应原理(平衡及动力学参数)	(7)
二、对纯碱工业用石灰石及石灰石煅烧用燃料的要求	(10)
三、石灰窑煅烧过程中的温度分布和区段划分	(14)
四、影响石灰窑生产能力的主要因素	(15)
五、石灰窑的工艺控制指标及其优化	(16)
六、石灰窑热效率和窑气 CO_2 浓度综合计算、物料平衡及热平衡	(19)
七、石灰窑生产能力及其序列	(38)
八、石灰窑结构及辅机计算	(41)
九、窑气的处理及净化	(49)
第二节 石灰乳的制备	(57)
一、石灰消化的机理及影响因素	(57)
二、石灰消化的热化学过程和化灰用水的选择及热能回收	(58)
三、化灰机的类型及其结构	(59)
四、化灰机的能力计算及其系列	(63)
五、灰乳的储存、除砂、返石及返砂的处理	(63)
六、灰乳泵的特性、要求、选型计算、汽蚀及净吸程(NPSH)计算	(66)
参考文献	(71)
第二章 盐水精制	(72)
符号说明	(72)
第一节 概述	(72)
一、纯碱工业的原料盐	(72)
二、盐水精制的原理和生产指标	(74)
第二节 石灰碳酸铵法盐水精制	(78)
一、流程简述	(78)

二、物料衡算	(80)
三、热量平衡	(91)
第三节 石灰纯碱法盐水精制	(95)
一、流程简述	(95)
二、物料与热量衡算	(97)
第四节 主要设备计算	(103)
一、化盐桶	(103)
二、一次、二次盐水澄清桶	(113)
三、洗泥桶	(131)
四、化盐水(淡盐水)澄清桶	(136)
五、除镁反应设备	(136)
六、除钙反应设备	(141)
七、粗盐水桶	(148)
参考文献	(149)
第三章 氨盐水制备、联碱母液吸氨及氨的回收	(151)
符号说明	(151)
第一节 氨盐水制备	(155)
一、引言	(155)
二、工艺流程	(156)
三、物料平衡计算	(156)
四、热量平衡计算	(164)
五、主要设备工艺设计计算	(171)
第二节 联碱母液吸氨	(191)
一、引言	(191)
二、工艺流程	(192)
三、物料平衡计算	(192)
四、热量平衡计算	(199)
第三节 氨的回收	(202)
一、引言	(202)
二、工艺流程	(203)
三、物料平衡计算	(204)
四、热量平衡计算	(221)
五、主要设备工艺设计计算	(232)

参考文献	(264)
第四章 氨盐水的碳酸化及重碱过滤	(266)
符号说明	(266)
第一节 氨盐水的碳酸化	(270)
一、引言	(270)
二、有关物理量或性能参数的基本公式及运算	(276)
三、物料衡算与热量衡算	(286)
四、设备计算	(309)
五、其他类型碳酸化工艺与设备计算思路	(323)
第二节 重碱过滤	(336)
一、引言	(336)
二、计算数据的选取	(338)
三、物料衡算	(339)
四、设备计算	(342)
参考文献	(355)
第五章 二氧化碳压缩机及真空泵、吹风机	(356)
符号说明	(356)
第一节 纯碱厂二氧化碳压缩机的基本要求、使用经验、选型与 展望	(359)
第二节 气体压缩的热力学过程	(360)
一、气体的状态方程式	(360)
二、含 CO_2 混合气体的物理、热力学参数计算	(362)
第三节 纯碱厂二氧化碳气源和各气种的供给量分配	(364)
第四节 离心式 CO_2 压缩机主机性能与气量调节	(365)
一、国产纯碱厂专用离心式 CO_2 压缩机主机型号、特点及其性能	(365)
二、离心式 CO_2 压缩机主机功耗计算	(372)
三、离心式 CO_2 压缩机中间冷却器计算	(375)
四、离心式 CO_2 压缩机的气量调节	(378)
第五节 螺杆式 CO_2 压缩机主机的性能与气量调节	(381)
一、螺杆式压缩机的特点	(381)
二、国产纯碱厂用螺杆式 CO_2 压缩机主机型号及其性能	(382)
三、喷水螺杆式 CO_2 压缩机主机的功耗估算	(383)
四、喷水螺杆式 CO_2 压缩机喷水量计算	(387)

五、喷水螺杆式 CO_2 压缩机气量调节	(390)
第六节 中、小型联碱厂 CO_2 压缩机选型	(394)
一、国产浓气制碱用 CO_2 压缩机的特点与型号	(394)
二、活塞式 CO_2 压缩机选择计算	(394)
三、变换气直接碳酸化制碱 CO_2 增压机	(397)
第七节 压缩气体后冷却器选择计算	(397)
一、直冷型后冷却器	(397)
二、间冷型后冷却器	(404)
第八节 真空机和吹风机的选机计算	(406)
一、国产真空机、吹风机型号与性能	(406)
二、吸收真空泵选机计算	(411)
三、滤碱真空泵的选机计算	(412)
四、滤碱吹风机的选机计算	(412)
第九节 工业汽轮机的选型计算	(413)
一、工业汽轮机主要参数的确定	(414)
二、工业汽轮机的选型	(415)
参考文献	(425)
第六章 重碱煅烧与高温纯碱的冷却	(427)
符号说明	(427)
第一节 引言	(431)
一、本工序的任务及煅烧炉的选型	(431)
二、重碱煅烧的基本原理	(432)
第二节 工艺流程简述	(436)
一、重碱煅烧流程	(436)
二、流化床凉碱流程	(437)
三、回转式凉碱炉流程	(438)
四、流化床煅烧重碱流程	(439)
第三节 物料平衡	(440)
一、重碱的煅烧	(440)
二、炉气的母液洗涤	(443)
三、炉气的冷却	(445)
四、炉气的洗涤	(446)
五、流化床煅烧重碱	(446)

六、流化床凉碱	(448)
第四节 热量衡算	(449)
一、蒸汽煨烧炉	(449)
二、炉气的母液洗涤	(453)
三、炉气的冷却	(455)
四、流化床煨烧重碱	(457)
五、流化床凉碱	(460)
六、回转式凉碱炉	(462)
第五节 主要设备工艺设计计算	(463)
一、蒸汽回转煨烧炉	(463)
二、炉气除尘器	(466)
三、母液洗涤塔	(467)
四、炉气冷却塔	(470)
五、炉气洗涤塔	(472)
六、流化床煨烧炉	(479)
七、流化床凉碱炉	(481)
八、回转式凉碱炉	(485)
参考文献	(487)
第七章 氯化铵结晶	(488)
符号说明	(488)
第一节 引言	(493)
一、联碱二过程的作用	(493)
二、联碱二过程的计算范围	(493)
三、对原料的要求	(493)
四、氯化铵和母液Ⅱ的规格	(497)
第二节 氯化铵工序工艺流程叙述	(497)
一、一般工艺流程	(497)
二、并料流程	(500)
三、逆流流程	(500)
四、半母液Ⅱ洗涤流程	(501)
第三节 氯化铵工序主要工艺指标	(502)
第四节 氯化铵工序物料衡算	(502)
一、计算基础数据	(503)

二、氯化铵结晶过程物料衡算	(503)
三、冷析结晶器物料衡算	(505)
四、盐析结晶器物料衡算	(508)
第五节 氯化铵工序热量衡算	(510)
一、计算基础数据	(510)
二、氯化铵结晶过程热量衡算	(511)
三、液氨蒸发外冷器热量衡算	(514)
四、母液换热器热量衡算	(515)
第六节 氯化铵工序主要设备工艺设计	(515)
一、冷析结晶器工艺设计	(515)
二、盐析结晶器工艺设计	(539)
三、液氨蒸发外冷器工艺设计	(544)
四、母液换热器工艺设计	(553)
五、部分特殊设备及通用设备的选择设计	(554)
参考文献	(563)
第八章 重质纯碱生产的水合、干燥与冷却及湿氯化铵的干燥	(565)
符号说明	(565)
第一节 重质纯碱生产的水合、干燥与冷却	(569)
一、重质纯碱生产的水合机理和水合机的设计计算	(570)
二、重质纯碱干燥炉的物热衡算、设备计算	(579)
三、重质纯碱凉碱炉的物热衡算、设备计算	(587)
四、水合机与重质纯碱凉碱炉的尾气处理	(598)
五、重质纯碱质量及控制	(600)
第二节 湿氯化铵的干燥	(603)
一、干燥过程的基础	(604)
二、氯化铵干燥设备的设计	(617)
三、氯化铵干燥过程辅机的选择	(647)
四、重质纯碱及湿铵干燥系统污染的控制	(661)
参考文献	(666)
第九章 粉体物料的处理和输送	(667)
符号说明	(667)
第一节 概述	(675)
第二节 装卸工程	(678)

一、装卸工艺.....	(678)
二、设备选型.....	(690)
第三节 输送工程	(703)
一、输送工艺.....	(703)
二、设备选型.....	(706)
第四节 仓储工程	(714)
一、仓储工艺.....	(714)
二、设备选型.....	(715)
第五节 包装工程	(734)
一、包装工艺设计.....	(734)
二、系统能力.....	(734)
三、设备选型.....	(734)
第六节 处理工程	(735)
一、破(粉)碎作业.....	(735)
二、筛分(分级)作业.....	(738)
附录 1	(742)
附录 2	(743)
附录 3	(744)
参考文献	(745)

第一章 石灰石煅烧及灰乳制备

符 号 说 明

A	石灰窑单位容积产量	$t/(m^3 \cdot d)$
A'	化灰机断面积	m^2
A^Y	燃料中灰分的质量百分数	%
A_{CaO}	活性氧化钙	tt 或 kg/m^3
A	电除尘器的收尘极面积	m^2
a	石灰中总的氧化钙含量	%
B	单位重量石灰石的燃料配比百分率	%
b	石灰中碳酸盐含量	%
C_p	定压比热容	$kJ/(kg \cdot K)$
$C_{无}$	无烟煤或焦炭的定压比热容	$kJ/(kg \cdot K)$
$C_{石灰石}$	石灰石的定压比热容	$kJ/(kg \cdot K)$
$C_{灰}$	石灰的定压比热容	$kJ/(kg \cdot K)$
$C_{出灰}$	出石灰窑石灰的定压比热容	$kJ/(kg \cdot K)$
$C_{窑气}$	窑气的定压比热容	$kJ/(m^3 \cdot K)$
C_{H_2O}	水蒸汽的定压比热容	$kJ/(m^3 \cdot K)$
C_{Ca}	石灰石中 $CaCO_3$ 质量百分数	%
C_j	焦炭或无烟煤中固定碳含量	%
C^Y	燃料中 C 元素的质量百分数	%
D	设备或管道的直径	m
$D_{内}$	设备内径	m
$D_{撒料}$	撒石器水平投影通过中心的最大直径	m
e	除砂机偏心距	m
F	星形卸料器叶轮每格的截面积	m^2
F	高频振动除砂机离心激振力	kgf
F	电除尘器电场断面积	m^2
G	窑气质量流量	kg/h

G	石灰石中 CaCO_3 质量百分数	%
G_R	进石灰窑的燃料量	kg/t 纯碱, t/t 纯碱
G_C	进石灰窑燃料中 C 元素量	kg
G_H	进石灰窑燃料中 H 元素量	kg
G_O	进石灰窑燃料中 O 元素量	kg
G_N	进石灰窑燃料中 N 元素量	kg
G_S	进石灰窑燃料中 S 元素量	kg
G_A	进石灰窑燃料中灰分量	kg
G_{SO_2}	石灰窑中燃料燃烧产生的 SO_2 量	kg
G_{CO}	石灰窑中燃料燃烧产生的 CO 量	kg
G_{SS}	投入石灰窑石灰石量	t, kg
G_S	投入石灰窑石灰石当量	kg/t 纯碱
G_{FS}	进石灰窑返石当量	t/t, kg/t
G_i	进石灰窑物料中组分 i 的量	kg
g	重力加速度	m/s^2
g_1	石灰石分解产生的 CO_2 量	kg
g_2	燃料燃烧产生的 CO_2 及 CO 量	kg
G_{O_2}	燃料燃烧后剩余的氧量	kg
G_0	除砂机偏心块质量	kg
$G_{\text{全}}$	电除尘器捕集的粉尘量	kg
H^y	燃料中 H 元素的量	kg
h_c	自然对流传热系数	$\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$
h_r	辐射对流传热系数	$\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$
h_{YG}	灰乳中总氧化钙量	kg
H	设备高	m
$H_{\text{有效}}$	设备有效高	m
H	泵的总扬程	m
h_{SY}	泵的净正吸程(NPSH)	m
h_f	泵与容器间吸入管路的摩擦水头损失	m
h_b	泵的装有抽送液体的液体气压计高度	m
h_s	泵的吸入扬程或吸上高度	m
h_d	泵的排出扬程	m
i	水的汽化热	kJ/kg
i_{CaCO_3}	碳酸钙的分解热	kJ/mol

i_{MgCO_3}	碳酸镁的分解热	kJ/mol
K_P	化学反应平衡常数	无因次
K	消化系数	无因次
K	储备系数	无因次
L	喷淋密度	$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
L	洗涤塔洗涤水量	kg/h
L_w	润湿率	$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$
I	星形卸料器叶轮宽度	m
L	沉淀极管长	m
m	石灰中活性氧化钙含量	$\%$
M_{g}	石灰石中 MgCO_3 质量百分数	$\%$
M	无烟煤挥发分平均分子量	无因次
n	设备转数	r/min
N^Y	燃料中 N 的质量百分数	$\%$
n	电除尘器沉淀极管根数	无因次
O^Y	燃料中氧的质量百分数	$\%$
p_{CO_2}	CaCO_3 的分解压力, 即 CaCO_3 上 CO_2 的平衡分压	Pa, mmHg
P_a	计算泵净正吸程压力表周围的绝对大气压	kgf/cm^2
P_s	连接泵吸入侧 S-S 断面的压力表所指示的表压	kgf/cm^2
P_t	与泵吸入侧相连的密封容器中自由液面上的绝对压力	kgf/cm^2
$P_{v,p}$	与泵吸入管道 S-S 断面处温度相应的抽送液体的汽化压力	kgf/cm^2
Q	设备能力、石灰窑的能力	t/d
Q	泵的流量	m^3/h
Q	热量	kJ
Q	设备处理的气体量	m^3/h
Q'	电除尘器被净化的含尘气体量	m^3/h
Q_{Dw}^Y	燃料应用基低位发热量	kJ/kg
Q_{YX}	有效利用热能	kJ/t
Q_{GG}	供给热能	kJ/t