

化学工程手册

第二版 上卷

时 钧 汪家鼎 余国琮 陈敏恒 主编

CHEMICAL ENGINEERING HANDBOOK

化学工业出版社

化学工程手册

第 二 版

上 卷

时 钧 汪家鼎 主编
余国琮 陈敏恒

(3k456/2)

2k464/12

化学工业出版社

12
2117073
2017-
12

化学工程手册

第 二 版

下 卷

时 钧 汪家鼎 主编
余国琮 陈敏恒

12-2033

3K464/14

化学工业出版社

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化学工程手册/时钧等主编. — 2 版. — 北京: 化学工业出版社, 1996. 1

ISBN 7-5025-1474-0

I. 化… I. 时… III. 化学工业-手册 IV. TQ-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 17282 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: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

经 销: 新华书店北京发行所
印 刷: 化学工业出版社印刷厂
装 订: 化学工业出版社印刷厂
版 次: 1996 年第 2 版
印 次: 1996 年 1 月第 1 次印刷
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 92½
字 数: 3312 千字
印 数: 1—5000
定 价: 300.00 元 (上、下卷)

主 稿 人 名 单

(以姓氏笔画为序)

王喜忠	王绍堂	王静康	叶振华	朱有庭	任德树
许晋源	麦本熙	时 钧	时铭显	余国琮	沈忠耀
张社祐	陆德民	陈学俊	陈家镛	金鼎五	胡 英
胡修慈	施力田	姚虎卿	袁 一	袁 权	袁渭康
郭慕孙	麻德贤	谢国瑞	戴干策	魏立藩	

审 稿 人 名 单

(以姓氏笔画为序)

万学达	马沛生	王 楚	冯朴荪	朱自强	李 桢
李绍芬	劳家仁	时 钧	俞芷青	余国琮	汪家鼎
沈 复	张有衡	陈家镛	杨友麒	姚公弼	秦裕珩
萧成基	蒋维钧	潘新章	戴干策	戴猷元	

43266

编写人员名单

(以姓氏笔画为序)

马兴华	王凯	王学松	王宇新	王英琛	王凯军
王喜忠	王树楹	王静康	方图南	邓忠	叶振华
申立贤	戎顺熙	吕德伟	朱开宏	朱有庭	朱慧铭
刘会洲	刘淑娟	许晋源	孙启才	李金钊	李佑楚
李洪钟	李静海	李鑫纲	麦本熙	杨守志	杨志才
杨忠高	吴锦元	吴德钧	时钧	时铭显	肖人卓
宋海华	沈忠耀	陆德民	陈丙辰	陈听宽	张成芳
张社祐	林猛流	罗北辰	罗保林	金彰礼	金鼎五
周瑾	周芳德	郑领英	胡英国	胡金榜	胡修慈
柯家骏	俞金寿	俞俊棠	俞裕国	施力田	施从南
贺世群	姚平经	姚虎卿	耿孝正	袁一贤	袁渭康
徐国光	郭銓	郭烈锦	黄洁	麻德贤	董志伟
韩振为	谢国瑞	虞星炬	鲍晓军	阚丹峰	蔡志武
樊丽秋	戴干策	欧阳藩	欧阳平凯		

参加编辑工作人员名单

(以姓氏笔画为序)

刘哲	刘小蘋	孙世斌	陈丽	陈志良	陈逢阳
张红兵	苗延秀	周国庆	郭乃铎	高钰	谢丰毅

再 版 前 言

《化学工程手册》(第一版)于1978年开始组稿,1980年出版第一册(气液传质设备),以后分册出版,不按篇次,至1989年最后一册出版发行,共26篇,合计1千余万字,卷帙浩繁,堪称巨著。出版之后,因系国内第一次有此手册,深受各方读者欢迎。特别是在装订成六个分册后,传播较广。

手册是一种参考用书,内容须不断更新,方能满足读者需要。最近十几年来,化学工程学科在过程理论和设备设计两方面,都有不少重要进展。计算机的广泛应用,新颖材料的不断出现,能量的有效利用,以及环境治理的严峻形势,对于化工工艺设计提出更为严格的和创新的要求。化工实践的成功与否,取决于理论和实际两个方面。也就在这两方面,在第一版出版之后,有了许多充实和发展。手册的第二版是在这种形势下进行修订的。

第二版对于各个篇章都有不同程度的增补,不少篇章还是完全重写的。除此而外,还有几个主要的变动:①增列了生物化工和污染治理两篇,这是适应化学工程学科的发展需要的。②将冷冻内容单独列篇。③将化工应用数学改为化工应用数学方法,编入附录,便于查阅。④增加化工用材料的内容,用列表的方式,排在附录内。

这次再版的总字数,经过反复斟酌,压缩到不超过六百万字,仅为第一版的二分之一左右,分订两册,便于查阅。

本手册的每一篇都是由高等院校和研究单位的有关专家编写而成,重点在于化工过程的基本理论及其应用。有关化工设备及机器的设计计算,化工出版社正在酝酿另外编写一部专用手册。

本手册的编委会成员、撰稿人及审稿人,对于本书的写成,在全过程中都给予了极大的关怀、具体的指导和积极的参与,在此谨致谢忱。化工出版社领导的关心,有关编辑同志的辛勤劳动,对于本书的出版起了重要的作用。

化学工业部科技司、清华大学化工系、天津大学化学工程研究所、华东理工大学(原华东化工学院),在这本手册编写过程中从各个方面包括经费上给予大力的支持,使本书得以较快的速度出版,特向他们表示深深的谢意。

本手册的第一版得到了冯伯华、苏元复、张洪沅三位同志的关心和指导,冯伯华同志和张洪沅同志还参加了第二版的组织工作,可惜他们未能看到第二版的出版,在此我们谨表示深深的悼念。

时 钧 汪家鼎
余国琮 陈敏恒

第一版序

化学工程是以物理、化学、数学的原理为基础,研究化学工业和其他化学类型工业生产中物质的转化、改变物质的组成、性质和状态的一门工程学科。它出现于 19 世纪下半叶,至本世纪二十年代,从理论上分析和归纳了化学类型(化工、冶金、轻工、医药、核能……)工业生产的物理和化学变化过程,把复杂的工业生产过程归纳成为数不多的若干个单元操作,从而奠定了其科学基础。在以后的发展历程中,进而相继出现了化工热力学、化学反应工程、传递过程、化工系统工程、化工过程动力学和过程控制等新的分支,使化学工程这门工程学科具备更完整的系统性、统一性,成为化学类型工业生产发展的理论基础,是本世纪化学类型工业持续进展的重要因素。

工业的发展,只有建立在技术进步的基础上,才能有速度、质量和水平。四十年代初,流态化技术应用到石油催化裂化过程,促使石油工业的面貌发生了划时代的变化。用气体扩散法提取铀 235,从核燃料中提取钚,用精密蒸馏方法从普通水中提取重水;用发酵罐深层培养法大规模生产青霉素;建立在现代化工技术基础上的石油化学工业的兴起等等,——这些使人类生活面貌发生了重大变化。六十年代以来,化工系统工程的形成,系统优化数学模型的建立和电子计算机的应用,为化工装置实现大型化和高度自动化,最合理地利用原料和能源创造了条件,使化学工业的科研、设计、设备制造、生产发展踏上了一个技术上的新台阶。化学工程在发展过程中,既不断丰富本学科的内容,又开发了相关的交叉学科。近年来,生物化学工程分支的发展,为重要的高科技部门生物工程的兴起创造了必要的条件。可见,化学工程学科对于化学类型工业和应用化工技术的部门的技术进步与发展,有着至为重要的作用。

由于化学工程学科对于化工类型生产、科研、设计和教育的普遍重要性,在案头备有一部这一领域得心应手的工具书,是广大化工技术人员众望所趋。1901 年,世界上第一部《化学工程手册》在英国问世,引起了人们普遍关注。1934 年,美国出版了《化学工程师手册》,此后屡次修订,至 1984 年已出版第六版,这是一部化学工程学科最有代表性的手册。我国从事化学工程的科技、教育专家们,在五十年代,就曾共商组织编纂我国化学工程手册大计,但由于种种原因,迁延至七十年代末中国化工学会重新恢复活动后方始着手。值得庆幸的是,荟集我国化学工程界专家共同编纂的这部重要巨著终于问世了。手册共分 26 篇,先分篇陆续印行,为方便读者使用,现合订成六卷出版。这部手册总结了我国化学工程学科在科研、设计和生产领域的成果,向读者提供理论知识、实用方法和数据,也介绍了国外先进技术和发展趋势。希望这部手册对广大化学工程界科技人员的工作和学习有所裨益,能成为读者的良师益友。我相信,该书在配合当前化学工业尽快克服工艺和工程放大设计方面的薄弱环节,尽快消化引进的先进技术,缩短科研成果转化为生产力的时间等方面将会起积极作用,促进化工的发展。

我作为这部手册编纂工作的主要支持者和组织者,谨向《手册》编委会的编委、承担编写、审校任务的专家、化学工程设计技术中心站、出版社工作人员以及对《手册》编审、出版工作做出贡献的所有同志,致以衷心的感谢,并欢迎广大读者对《手册》的内容和编排提出意见和建议,供将来再版时参考。

冯伯华

1989 年 5 月

《化学工程手册》总篇目

上卷

- 第 1 篇 化工基础数据
- 第 2 篇 化工热力学
- 第 3 篇 流体流动
- 第 4 篇 流体输送
- 第 5 篇 搅拌及混合
- 第 6 篇 传热及传热设备
- 第 7 篇 工业炉
- 第 8 篇 制冷
- 第 9 篇 蒸发
- 第 10 篇 结晶
- 第 11 篇 传质
- 第 12 篇 气体吸收
- 第 13 篇 蒸馏
- 第 14 篇 气液传质设备
- 第 15 篇 萃取及浸取
- 第 16 篇 增湿、减湿及水冷却
- 第 17 篇 干燥

下卷

- 第 18 篇 吸附及离子交换
- 第 19 篇 膜过程
- 第 20 篇 颗粒及颗粒系统
- 第 21 篇 流态化
- 第 22 篇 液固分离
- 第 23 篇 气固分离
- 第 24 篇 粉碎、分级及团聚
- 第 25 篇 反应动力学及反应器
- 第 26 篇 生物化工
- 第 27 篇 过程系统工程
- 第 28 篇 过程控制
- 第 29 篇 污染治理
- 附录一 常用单位换算表
- 附录二 化工常用数学方法
- 附录三 常用材料表
- 索引

《化学工程手册》编辑委员会

名誉主任	贺国强	化学工业部副部长
顾问	冯伯华	原化学工业部副部长
	朱亚杰	石油大学教授 中国科学院院士
	张洪沅	成都科技大学教授
	邓颂九	华南理工大学教授
	吴锡军	南京化工大学教授
主任委员	时 钧	南京化工大学教授 中国科学院院士
副主任委员	汪家鼎	清华大学教授 中国科学院院士
	余国琮	天津大学教授 中国科学院院士
	陈敏恒	华东理工大学教授 中国科学院院士
委 员	(以姓氏笔画为序)	
	方图南	华东理工大学教授
	区灿棋	中国石化总公司规划院教授级高级工程师
	申葆诚	中国科学院生态环境研究中心研究员
	卢焕章	中国寰球化学工程公司教授级高级工程师
	朱自强	浙江大学教授
	朱葆琳	中国科学院大连化学物理研究所研究员
	陈学俊	西安交通大学教授 中国科学院院士
	陈家镛	中国科学院化工冶金研究所研究员 中国科学院院士
	陈冠荣	化学工业部教授级高级工程师 中国科学院院士
	陈镛远	化学工业部教授级高级工程师 中国科学院院士
	闵恩泽	中国石化总公司石油化工科技研究院研究员 中国科学院院士 中国工程院院士
	沈 复	石油大学(北京)教授
	林纪方	大连理工大学教授
	周 明	天津大学教授
	胡 英	华东理工大学教授 中国科学院院士
	郭长生	化学工业出版社编审
	郭慕孙	中国科学院化工冶金研究所研究员 中国科学院院士
	袁 一	大连理工大学教授
	袁 权	中国科学院大连化学物理研究所研究员 中国科学院院士
	凌秋明	化学工业部技术经济委员会教授级高级工程师
	萧成基	化学工业部北京化工研究院教授级高级工程师
	蔡剑秋	化学工业出版社编审
	樊丽秋	北京化工大学教授
	戴猷元	清华大学教授

内 容 提 要

《化学工程手册》是一部介绍化学工程原理的实际运用和化学工程操作数据的经典性工具书。它提供简明的理论,实用的设计计算方法,丰富的设备性能数据和图表。第一版于80年代出版,因其权威性和实用性而具有广泛影响。本书为第二版,仍以最方便实用的方式体现化学工程原理应用的单元操作为框架,对第一版的内容作了许多新的补充和改写,如膜过程、萃取、塔设备、过程系统工程和过程控制等篇;增设了重要的生物化学工程和污染治理等新篇。

本手册的主编、各篇主稿人以及执笔人,悉由资深造诣高的教授、高级工程师等数十名化工专家担任,其中包括十五名中国科学院、工程院院士,再度保证了手册的权威性和标准性。

本手册共分29篇,主要包括化工基础数据、化工热力学、流体流动、流体输送、搅拌及混合、传热及传热设备、工业炉、制冷、蒸发、结晶、传质、气体吸收、蒸馏、气液传质设备、萃取及浸取、增湿、减湿及水冷却、干燥、吸附及离子交换、膜过程、颗粒及颗粒系统、流态化、液固分离、气固分离、粉碎、分级及团聚、反应动力学及反应器、生物化工、过程系统工程、过程控制、污染治理。

本手册通用于化工、石油化工、轻工、医药、冶金、建材及能源、环境保护等部门和领域。

索引

A

AIChE 方法
阿牛巴管
安定区
安全处置
安全器
安全性
氨基酰化酶
鞍点共沸物
整合

AIChE method 14—22
Annubar tube 28—35
calming zone 14—27
The safe disposal 14—29
safety alarm 14—31
safety 27—58
amino-acylase 26—42
saddle-point azeotrope 13—42
chelating 19—39

B

BAKER 式
Bonott 浸取器
Broyden 法
BTA 法
百叶窗式惯性分离器
板波纹填料
板翅式换热器
板壳式换热器
板式翅片
板式电除尘器
板式换热器
板式换热器
板式塔
板式压榨机
板式蒸发器
半导体热敏元件
鲍尔(Pall)环
保温层
饱和沸腾
被控变量
泵
比产物形成速率
比尔定律

Baker equation 15—133
Bonott extractor 15—137
Broyden method 27—33
Basic tearing alogorithm 27—30
louver inertia separator 23—10
metal sheet corug 14—88
plate-fin exchanger 6—91
plate-shell exchanger 6—94
plate fin 6—63
plate-type electrostatic precipitator 23—90
plate-type exchanger 6—86
plate heat exchanger 6—5
plate column, tray colume 14—4
platen press 22—78
plate evaporator 9—24
semiconductor temperature sensor 28—38
Pall ring 14—83, 15—100
insulating layer 6—137
satuated boiling 6—32
controlled variable 28—4
pump 4—3
specific product production rate 26—67
Beer's law 28—41

- 比耗氧速率
 比生长速率
 比值控制
 彼克引数
 闭环回路控制
 变比值控制
 变底流图解算法
 变底流的解析算法
 变工况
 变态点
 变压吸附
 变异系数
 标准节流装置
 表观传质单元高度
 表观传热系数
 表观流速
 表面反应
 表面反应控制
 表面更新模型
 表面活性剂
 表面积
 表面式冷凝器
 表面指数
 别洛康法
 并流
 并流加料
 冰析
 冰析结晶
 丙酮-丁醇
 玻璃钢冷却塔
 玻璃换热器
 玻璃棉
 波楞穿流板
 泊松比
 伯德图
 伯努利方程
 补偿导线
 补料控制
 补料批式培养动力学
 不可逆抑制
 不良分布
 不凝气
 不冷凝气体
 不稳定扩散
 不稳态蒸馏
 布朗扩散
 specific oxygen up-take rate 26—67
 specific growth rate 26—65
 ratio control 28—41
 pedet number 14—23
 closed loop control 28—4
 variable ratio control 28—63
 graphical method with variation of underflow 15—148
 analytical method with variation of underflow 15—145
 variable operating code 4—18
 transition point 10—5
 pressure swing adsorption 18—87
 coefficient of variation, C. V. 10—5
 standard throttling device 28—31
 apparent height of transfer unit 21—59
 apparent coefficient of heat transfer 21—59
 superficial velocity 15—53
 surface reaction 25—3
 surface reaction control 25—23
 surface renewal theory 15—51
 surfactant 15—52
 surface area 20—19
 surface condenser 6—115
 surface factor 20—13
 belokon(Белоконь) method 7—8
 parallel flow 6—51
 forward feed 9—7
 freezing out 10—55
 freezing out crystallizing 10—55
 acetone-butanol 26—100
 glass steel cooling tower 6—132
 glass exchanger 6—98
 glass wool 6—137
 ripple tray 14—49
 poisson ratio 20—51
 Bode diagram 28—14
 Bernoulli's equation 4—27
 extensional wire 28—38
 fed control 26—14
 fed batch culture kinetics 26—27
 non-reversible inhibition 26—21
 maldistribution 14—69
 noncondensables 9—3
 non-condensing gas 6—31
 unsteady diffusion 20—39
 unsteady distillation 13—116
 Brownian diffusion 23—41

布朗底(提纯器)
 布朗团聚
 布里斯托尔阵列
 部分分离效率

Brodie 10—43
 Brownian cohesion 20—42
 Bristols array 28—72
 partial separation efficiency 22—11

C

Cauchy 定理

CFSTR(内聚力—摩擦力—应变试验反应) Cohesion—friction—strain test reaction 25—70

Colburn j 因子

Colburn j factor 6—20

Connell 关联式

Connell correlation 14—21

采样

sampling 29—18, 23—5

采样器

sampler 28—17

产品

product 10—7

产生式规则

production rule 27—79

产物抑制

product inhibition 26—21

产物生成动力学

product production kinetics 26—24

操纵变量

manipulated variable 28—4

操作弹性

turndown ratio 14—12

操作线

operating line 13—29

操作性

operability 27—58

槽内盘管换热器

tank coil exchanger 6—96

槽外盘管换热器

external coil exchanger 6—96

测量技术

measurement technique 21—101

层流

laminar flow 6—16

层流传热

laminar flow heat transfer 6—16

抄板

lifter 17—66

超驰控制

override control 28—66

超级结构

superstructure 27—59

超临界萃取

supercritical fluid extraction 15—116

超速保护

overspeed protection 4—66

超调

overshoot 28—6

尘粒驱进速度

particle migration velocity 23—87

尘粒比电阻

particle resistivity 23—87

陈氏式

Chen equation 15—147

沉淀

precipitation 10—52, 26—83

沉淀

precipitation, precipitate 10—52

沉淀的形成

the formation of precipitates 10—52

沉降分离

sedimentation separation 22—7

沉降分级器

sedimentation classifier 22—12

沉降离心机

sedimentation centrifuge 22—35

沉降离心机的模拟放大

scale-up of sedimentation centrifuges 22—41

沉降离心机适用范围

optional range of various sedimentan centrifuges 22—38

沉降离心机的生产能力

capacity of sedimentation centrifuge 22—38

沉降曲线

settling curve 22—21

- 沉降速度
- 成核
- 程序控制系统
- 澄清装置
- 澄清器
- 澄清设备设计
- 持液量
- 持液量
- 齿形堰
- 翅片
- 翅片管
- 处理
- 触变性
- 触变性流体
- 穿孔翅片
- 穿透率
- 传递过程
- 传递函数
- 传递现象
- 传热
- 传热单元数
- 传热膜系数
- 传热强化
- 传质
- 传质单元
- 传质单元高度
- 传质单元数
- 传质动力学
- 传质推动力
- 传质系数
- 传质阻力
- 喘振
- 串级控制
- 床层膨胀化
- 床层与浸没管束传热
- 垂直筛板
- 充满度
- 充胀板式加热元件
- 冲击式洗涤器(自激雾化式洗涤器)
- 纯均匀模型
- 纯正弦函数法
- 纯滞后补偿控制
- 磁场流态化
- 刺刀管式废热锅炉
- 刺刀管式换热器
- 萃取
- rate of precipitation 5—39
- nucleation 6—32
- programmed control system 28—5
- clarifier 22—25
- settler 15—98
- design of clarifier 22—24
- holdup 13—116
- liquid holdup 14—4
- notch weir 14—10
- fin 6—13
- finned tube 6—91
- treatment 13—94
- thixotropy 5—31
- thixotropic fluids 5—31
- slotted fins 6—63
- transmissivity 6—40
- transportation process 6—4
- transfer function 28—6
- transfer phenomena 26—31
- heat transfer 10—4,5—51
- NTU 6—58
- heat transfer film coefficient 6—17
- heat transfer enhancement 6—62
- mass transfer 14—3
- mass transfer unit 13—29
- height of a mass transfer unit 14—77,15—82
- number of transfer units(NTU) 15—82
- mass transfer kinetics 26—51
- mass transfer driving force 15—49
- mass transfer coefficient 15—49
- mass transfer resistance 15—60
- surge 4—35
- cascade control 28—60
- expansion ratio 21—14
- beds-immersed tubulature(tube bundle) heat transfer 21—78
- vertical sieve tray 14—46
- space filling factor 20—13
- full-expand plate type heat transfer elements 9—24
- self-induced spray scrubber 23—78
- pure homogeneous model 28—76
- pure sine function method 20—15
- dead time compensation control 28—68
- magnetic fluidization 21—40
- bayonet-tube waste heat boiler 6—118
- bayonet-tube exchanger 6—97
- extraction 26—90

萃取剂
萃取相
萃取因子
萃取蒸馏
萃余相
错流
错流萃取
错流换热器
错流加料
错排条形浮阀

solvent, extractants 13—90, 15—8
extracted phase 15—52
extraction factor 15—67
extractive distillation 13—90
raffinate phase 15—52
cross-counter flow 6—51
crosscurrent extraction 15—68
cross-flow heat exchanger 6—6
mixed feed 9—7
cross arranged rectangular valves 14—44

D

DSA 方法
达姆堪勒准数
大尺度不良分布
大孔筛板
大气腿
带式压榨机
代谢调节剂
袋式过滤器
单程换热器
单分散
单回路控制系统
单区电除尘器
单体酶
单位能耗
单细胞蛋白
单效蒸发
单一电解质溶液
单溢流
单组分液体
氮源
蛋白酶
当量理论塔板高度
当量粒径
挡板
挡板式捕沫器
挡沫板
导电率
导流管
导流筒及挡板型真空结晶器
导热
导热系数
导向孔
导向筛板

Design successive approximation method 13—79
Damkoler's number 25—50
large scale maldistribution 14—69
large hole sieve tray 14—40
barometric leg 9—35
beet press 22—79
metabolic regulator 26—15
bag filter 22—61, 23—43
single-pass heat exchanger 6—6
mono-dispersion 15—53
single loop control system 28—58
single zone electrostatic precipitator 23—90
monomeric enzyme 26—5
power consumption ratio 9—19
single cell protein 26—8
single effect evaporation 9—3
single electrolyte solutions 15—37
single pass 14—54
single content liquid 6—33
nitrogen sources 26—10
protease 26—5
height equivalent to a theoretical plate (HETP) 13—87
equivalent diameter 22—9
baffles 5—5
blade defoamer 23—81
splash baffle 14—45
specific conductance 20—4
guide flow apparatus 5—5
draft tube & baffled type, DTB 10—60
conduction 6—4
thermal conductivity 6—8
slotted hole 14—50
slotted sieve tray 14—50

- 导向叶片
- 导轨型刮板
- 导叶
- 导叶式旋风管
- 得率系数
- 等板高度(HETP)
- 等动采样
- 等熵效率
- 低共熔物系
- 低温隔热
- 低温工质
- 低温制冷
- 点效率
- 电场荷电
- 电除尘器
- 电动单元组合仪表
 - 辅助单元
 - 计算单元
 - 设定单元
 - 调节单元
 - 转换单元
- 电动变送器
- 电解质溶液
- 电介质
- 电镜像力
- 电偶层
- 电泳
- 电晕闭塞
- 电晕电流
- 电晕极
- 淀粉酶
- 碟式分离机
- 碟式分离机的生产能力
- 顶烧炉
- 定态导热
- 定向单色辐射强度
- 定向总辐射强度
- 定值控制系统
- 动能
- 动态
- 动态过滤
- 动量传递
- 动态模型
- 动态数学模型
- 动物细胞培养
- 动物细胞培养反应器
- guide vane 23—27
- wiper with guide shoes 9—25
- contraprop 4—34
- guide vaned cyclone tube 23—27
- yeild coefficient 26—17
- heigt equivalent to a theoretical stage 14—61
- isokinetic sampling 23—6
- isentropic efficiency 9—15
- eutectic system 10—37
- low temperature insulating 6—137
- cryogen 8—40
- cryogenic refrigeration 8—42
- point efficiency 13—84
- field charge 23—86
- electrostatic precipitator 23—84
- electro-cellular control meter 28—49
 - auxiliary unit 28—51
 - calculating unit 28—51
 - setting unit 28—51
 - regulating unit 28—50
 - converting unit 28—51
- electric transmitter 28—48
- electrolyte solution 15—31
- electret 20—49
- electric image force 20—49
- electrical double layer 20—49
- electrophoresis 20—50
- corona blocking 23—87
- corona current 23—84
- corona electrode 23—99
- amglase 26—5
- disc separator 22—36
- capacity of disc separator 22—40
- top-fired furnace 7—25
- steady-state conduction 6—11
- the directional-intensity of emitted radiation for single wavelength 6—41
- the directional intensity of emitted radiation for total wavelength 6—40
- constant setpoint control system 28—5
- kinematic energy 15—60
- dynamic 28—5
- dynamic filtration 22—49
- momentum transmission 6—20
- dynamic model 27—4
- dynamic mathe matical model 28—21
- animal cell culture 26—10
- enimal cell culture reactor 26—10