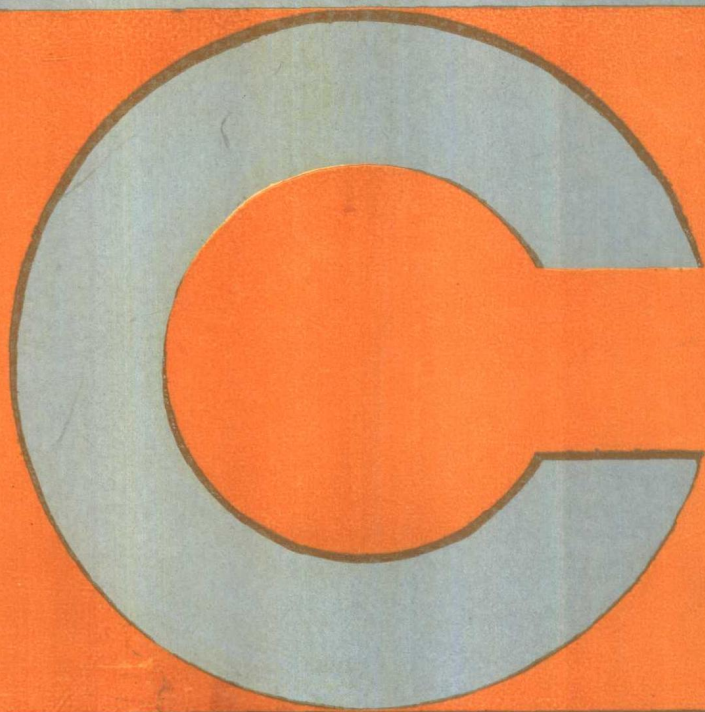


化工单元操作设计手册

中 册



化学工业部化学工程设计技术中心站

内 容 提 要

本手册从工程设计出发，系统地编写了近年来化工单元操作过程中较实用、可靠、准确的设计计算方法。全书分三册，上册介绍蒸馏过程，吸收、解吸过程，塔设备，换热器设计；中册介绍加热炉，基本热力学过程，管道流体力学，化工容器工艺设计，气、液、固分离过程设计；下册介绍流化床，液体搅拌，反应器设计，泵系统和压缩机系统的计算及性能操作。各章附有必要的计算步骤及例题。

本手册可供化工、石油、轻工、冶金、核能方面的设计人员使用，并可供与此相关的研究、生产、大专院校的科技人员应用。

化工单元操作设计手册

中 册

化学工业部化学工程设计技术中心站主编

责任编辑：程树云 栾敬文

化学工业部第六设计院出版

(西安，太乙路北段3号)

邮政编码 710054

内部发行

定价：30.00元

《化工单元操作设计手册》编写人及校审人

	编写人	校审人
第一章	陆恩锡 雷行之	方华星 谢立人 陈余芳 萧成基
第二章	吴万兴 沈玲弟 张开坚 黄文雄	黄文雄 王自新 钟道迪
第三章	于鸿寿	萧成基
第四章	4.1~4.4 4.6~4.9 4.5 4.10 4.11	盛若瑜 李国杰 王抚华 雷行之 王抚华 王抚华 费 濂
第五章	何凤歧 林承方	姚国俊 萧成基
第六章	盛青萍	盛德美 费 濂
第七章	7.1 7.2 7.3, 7.7 7.4, 7.5 7.6	李树琴 刘静方 姜 华 王学涛 付朝清 姜 华 王学涛 付朝清 姜 华 王学涛 刘静方 姜 华 王学涛 姜 华 王学涛
第八章	王学涛	胡道立 郑祖炼
第十一章	施立才 孙恪慎	李康诩 郑 焱 王尊孝
第十二章	马继舜	俞雍增 郑 焱 陈志希
第十三章	13.1~13.2 13.3~13.4	孙恪慎 李康诩 郑 焱 孙恪慎
第十四章	钟桂文	魏宗胜 李明科 陈克东
第十五章	15.1 15.2 15.3 15.4 15.5~15.7 15.8 15.9 15.10~15.12	范德明 刘季芳 裴德余 范德明 刘季芳 郁永章 裴德余 钟桂文 刘季芳 朱报桢 裴德余 范德明 刘季芳 李超俊 裴德余 范德明 刘季芳 裴德余 钟桂文 刘季芳 周汉臣 范德明 刘季芳 孙文良 季光社 郑祖炼

《化工单元操作手册》编辑人员（按姓氏笔划排列）：

王抚华、王书清、白金、曲莹、陈春生、李辛芳、栾敬文、程树云、鲍贤康、薛冠申。

KUT/cy

前 言

化学工程技术是化工工艺的重要基础工作之一。国外一些著名的化工工程公司，都十分重视化学工程工作，并都根据各自的工程经验积累，编有成套的设计技术资料。当前，随着设计改革的不断深化及对外开放的要求，十分需要有一套我国自己的化学工程设计资料。为此，化工部化学工程设计技术中心站自80年代初开始，陆续组织编制了《化工工艺设计基础数据手册》（全套六个分册，已经出齐）及《化工单元操作设计手册》两部大型手册。今后还要在上述基础上，编制一套较完整的化学工程设计的计算机应用软件。这样，就使化工工艺设计工作逐步做到基础数据的统一及设计计算方法的规范化，以保证设计质量，加快设计进度，促进工艺设计现代化。因此，这是一项有深远意义的设计基础工作。

《化工单元操作设计手册》全书共15章，共约250万字，分为三个分册（其中第九、十章待增补）。其内容包括了化工工艺中通用的一些重要单元操作的设计方法、计算公式及具体的运算步骤，取材以设计工作的实际需要为主，所介绍的方法亦经遴选，力求做到实用、可靠、准确、简明。内容中有的来自国内的科研、设计及生产实践，有的是引用及消化吸收国外的有用资料，加以整编鉴审而写成。我们希望有了这套手册，设计人员在进行化工单元计算时，可以不必去各自寻找分散不同的资料，而直接从《手册》中采用已经整选加工过的最新方法，这样就可以节省大量时间，提高工作效率、统一方法、保证质量、便于审核。

本手册出版后，今后还要逐年地修订和增补新的材料及新的章节，以保证与时代同步，并使它成为反映化工设计系统的经验总结和积累的一部手册，以便更好地为化工设计人员服务，共同为提高设计水平而努力，希望这项工作能得到各设计院同志们及广大读者的关心、支持和帮助。

萧成基

1987年11月

《化工单元操作设计手册》总 章 目

- 第一章 蒸馏过程计算
- 第二章 吸收、解吸过程计算
- 第三章 塔设备设计
- 第四章 换热器设计
- 第五章 加热炉
- 第六章 基本热力学过程计算
- 第七章 管道流体力学计算
- 第八章 化工容器的工艺设计
- 第九章 分离过程——气、液态非均相分离
- 第十章 分离过程——干燥、过滤、结晶、萃取
- 第十一章 流化床设计
- 第十二章 液体搅拌
- 第十三章 反应器设计
- 第十四章 泵系统计算及性能操作
- 第十五章 压缩机系统计算及性能操作

说 明

本手册在编写中引用了部分内部资料，因此规定手册为内部发行。其内容不得在公开发行的出版物中引用，不得在与国外搞合作设计、对外谈判或技术座谈中直接使用，不得提供给外国专家及外国留学生使用。各使用单位及个人必须严格执行，否则需承担由此引起的责任。

单位换算表

表 1 长度单位换算

米(m)	厘米(cm)	英尺(ft)	英寸(in)	米(m)	厘米(cm)	英尺(ft)	英寸(in)
1	100	3.2808	39.37	0.3048	30.48	1	12
0.01	1	0.0328	0.3937	0.0254	2.54	0.0833	1

表 2 面积单位换算

米 ² , m ²	厘米 ² , cm ²	英尺 ² , ft ²	英寸 ² , in ²	米 ² , m ²	厘米 ² , cm ²	英尺 ² , ft ²	英寸 ² , in ²
1	10 ⁴	10.764	1550	0.0929	929	1	144
10 ⁻⁴	1	1.0764 × 10 ⁻³	0.155	6.4516 × 10 ⁻⁴	6.4516	6.944 × 10 ⁻³	1

表 3 体积和容积单位换算

米 ³ (m ³)	升(L)或 分米 ³ (dm ³)	英加仑 (Imp. gal)	美加仑 (U.S. gal)	英尺 ³ (ft ³)	英寸 ³ (in ³)
1	10 ³	220	264.2	35.315	61024
10 ⁻³	1	0.22	0.2642	0.0353	61.02
0.0045	4.546	1	1.201	0.1605	277.4
3.785 × 10 ⁻³	3.785	0.8327	1	0.1337	231
0.0283	28.317	6.2288	7.4805	1	1728
1.64 × 10 ⁻³	0.0164	3.005 × 10 ⁻³	4.329 × 10 ⁻³	5.787 × 10 ⁻⁴	1

表 4 重量和质量单位换算

吨 (t)	千克 (kg)	克 (g)	英吨 (tn)	美吨 (sh tn)	磅 (lb)
1	10 ³	10 ⁶	0.9842	1.1023	2204.6
10 ⁻³	1	10 ³	9.842 × 10 ⁻⁴	1.1023 × 10 ⁻³	2.2046
10 ⁻⁶	10 ⁻³	1	9.842 × 10 ⁻⁷	1.1023 × 10 ⁻⁶	2.2046 × 10 ⁻³
1.0161	1016.1	1.0161 × 10 ⁶	1	1.12	2240
0.9072	907.2	9.072 × 10 ⁵	0.8929	1	2000
0.4536 × 10 ⁻³	0.4536	453.6	4.464 × 10 ⁻⁴	5 × 10 ⁻⁴	1

表 5 力单位换算

牛顿 (N)	公斤(kg)	达因 (dyn)	磅(lb)	磅达(pdl)
1	0.102	10 ⁵	0.2248	7.233
9.807	1	9.807 × 10 ⁵	2.2046	70.93
10 ⁻⁵	1.02 × 10 ⁻⁶	1	2.248 × 10 ⁻⁶	7.233 × 10 ⁻⁶
4.448	0.4536	4.448 × 10 ⁵	1	32.174
0.1383	1.41 × 10 ⁻²	1.383 × 10 ⁴	3.108 × 10 ⁻²	1

表 6 密度和量度单位换算

克/厘米 ³ (g/cm ³)或 吨/米 ³ (t/m ³)	公斤/米 ³ (kg/m ³)或 克/升(g/L)	磅/英寸 ³ (lb/in ³)	磅/英尺 ³ (lb/ft ³)	磅/英加仑 (lb/Brit.gal)	磅/美加仑 (lb/U.S.gal)
1	10 ³	3.613×10^{-2}	62.43	10.02	8.345
10 ⁻³	1	3.613×10^{-5}	6.243×10^{-2}	1.002×10^{-2}	8.345×10^{-2}
27.68	2.768×10^4	1	1728	277.42	231
1.602×10^{-2}	16.02	5.787×10^{-4}	1	0.1605	0.1337
9.98×10^{-2}	99.8	3.6×10^{-3}	6.229	1	0.8327
0.1198	119.8	4.329×10^{-3}	7.48	1.201	1

表 7 压力单位换算

序号	牛顿/米 ² (N/m ²) 或帕斯卡(Pa)	巴 (bar)	公斤/厘米 ² (kg/cm ²) 或工程大气压(at)	磅/英寸 ² (lb/in ²)
1	1	10 ⁻⁵	1.02×10^{-5}	1.45×10^{-4}
2	10 ⁵	1	1.020	14.5
3	9.807×10^4	0.9807	1	14.22
4	6.895×10^3	6.895×10^{-2}	7.031×10^{-2}	1
5	1.013×10^5	1.013	1.033	14.7
6	1.333×10^2	1.333×10^{-3}	1.36×10^{-3}	1.934×10^{-2}
7	3.386×10^3	3.386×10^{-2}	3.453×10^{-2}	0.4912
8	9.798	9.798×10^{-5}	9.991×10^{-5}	1.421×10^{-3}
9	2.489×10^2	2.489×10^{-3}	2.538×10^{-3}	3.609×10^{-2}

序号	大气压(atm) (标准大气压)①	毫米汞柱(0℃) (mmHg)	英寸汞柱(0℃) (in Hg)	毫米水柱(15℃) (mm H ₂ O)	英寸水柱(15℃) (in H ₂ O)
1	9.869×10^{-8}	7.501×10^{-3}	2.953×10^{-4}	0.1021	4.018×10^{-3}
2	0.9869	750.1	29.53	1.021×10^4	401.8
3	0.9678	735.6	28.96	1.001×10^4	394.1
4	6.805×10^{-2}	51.71	2.036	7.037×10^2	27.7
5	1	760	29.92	1.034×10^4	407.2
6	1.316×10^{-5}	1	3.937×10^{-2}	13.61	0.5357
7	3.342×10^{-2}	25.4	1	3.456×10^2	13.61
8	9.67×10^{-5}	7.349×10^{-2}	2.893×10^{-3}	1	3.937×10^{-2}
9	2.456×10^{-3}	1.867	7.349×10^{-2}	25.4	1

①标准大气压即物理大气压。

表 8 体 积 流 率 单 位 换 算

米 ³ /时 (m ³ /h)	米 ³ /分 (m ³ /min)	米 ³ /秒 (m ³ /s)	英尺 ³ /时 (ft ³ /h)	英尺 ³ /秒 (ft ³ /s)	英加仑/分 (Imp. gal/ min)	美加仑/分 (U.S. gal/ min)
1	1.667×10^{-2}	2.778×10^{-4}	35.31	9.81×10^{-3}	3.666	4.403
60	1	1.667×10^{-2}	2.119×10^3	0.5886	2.1998×10^2	2.642×10^2
3.6×10^3	60	1	1.271×10^5	35.31	1.32×10^4	1.585×10^4
2.832×10^{-2}	4.72×10^{-4}	7.866×10^{-6}	1	2.778×10^{-4}	0.1038	0.1247
1.019×10^2	1.699	2.832×10^{-2}	3.6×10^3	1	3.737×10^2	4.488×10^2
0.2728	4.546×10^{-3}	7.577×10^{-5}	9.632	2.676×10^{-3}	1	1.201
0.2271	3.785×10^{-3}	6.309×10^{-5}	8.021	2.228×10^{-3}	0.8327	1

表 9 重 量 和 质 量 流 率 单 位 换 算

公斤/秒 (kg/s)	公斤/时 (kg/h)	磅/秒 (lb/s)	磅/时 (lb/h)	吨/日 (t/day)	吨/年(8000小时) (t/y)
1	3.6×10^3	2.205	7.937×10^3	86.4	2.88×10^4
2.778×10^{-4}	1	6.124×10^{-4}	2.205	2.4×10^{-2}	8
0.4536	1.633×10^3	1	3.6×10^3	39.19	1.306×10^4
1.26×10^{-4}	0.4536	2.778×10^{-4}	1	1.039×10^{-2}	3.629
1.157×10^{-2}	41.67	0.2552	9.186×10^4	1	3.333×10^2
3.472×10^{-5}	0.125	7.656×10^{-5}	0.2756	3×10^{-3}	1

表 10 动 力 粘 度 (粘 度) 单 位 换 算

公斤·秒/米 ² (kg·s/m ²)	牛顿·秒/米 ² (N·s/m ²) 或帕·秒 (Pa·s)	泊 (P) 或 克/(厘米·秒) [g/(cm·s)]	泊 厘 (cP)	磅·秒/英尺 ² (lb·s/ft ²)
1	9.81	98.1	9.81×10^3	0.205
0.102	1	10	10^3	20.9×10^{-3}
1.02×10^{-3}	0.1	1	10^2	20.9×10^{-4}
1.02×10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	1	2.09×10^{-5}
4.88	47.88	478.8	4.788	1

表 11 运 动 粘 度 单 位 换 算

厘米 ² /秒 (cm ² /s) 施或(st)	秒 ² /秒 (m ² /s)	米 ² /时 (m ² /h)	英尺 ² /秒 (ft ² /s)	英尺 ² /时 (ft ² /h)
1	10 ⁻⁴	0.36	1.076 × 10 ⁻³	3.875
10 ⁴	1	3.6 × 10 ³	10.76	3.875 × 10 ⁴
2.778	2.778 × 10 ⁻⁴	1	2.99 × 10 ⁻³	10.76
929	9.29 × 10 ⁻²	3.346 × 10 ²	1	3.6 × 10 ³
0.258	2.58 × 10 ⁻⁵	9.29 × 10 ⁻²	2.78 × 10 ⁻⁴	1

表 12 功、能和热量单位换算

序 号	焦 耳 (J)	公斤·米 (kg·m)	公制马力·时 (PS·h)	英制马力·时 (HP·h)
1	1	0.102	3.777 × 10 ⁻⁷	3.725 × 10 ⁻⁷
2	9.807	1	3.704 × 10 ⁻⁶	3.653 × 10 ⁻⁶
3	2.648 × 10 ⁶	2.7 × 10 ⁵	1	0.9863
4	2.685 × 10 ⁶	2.738 × 10 ⁵	1.014	1
5	3.6 × 10 ⁶	3.671 × 10 ⁵	1.36	1.341
6	4187	426.9	1.581 × 10 ⁻³	1.559 × 10 ⁻³
7	1055	107.6	3.985 × 10 ⁻⁴	3.93 × 10 ⁻⁴
8	1.356	0.1383	5.121 × 10 ⁻⁷	5.05 × 10 ⁻⁷
序 号	千瓦·时 (kW·h)	千 卡 (kcal)	英热单位 (Btu)	英尺·磅 (ft·lb)
1	2.778 × 10 ⁻⁷	2.39 × 10 ⁻⁴	9.478 × 10 ⁻⁴	0.7376
2	2.724 × 10 ⁻⁸	2.342 × 10 ⁻³	9.295 × 10 ⁻³	7.233
3	0.7355	632.5	2510	1.953 × 10 ⁶
4	0.7457	641.2	2544.4	1.98 × 10 ⁶
5	1	859.8	3412	2.655 × 10 ⁶
6	1.163 × 10 ⁻³	1	3.968	3.087 × 10 ³
7	2.93 × 10 ⁻⁴	0.252	1	778.2
8	3.768 × 10 ⁻⁷	3.24 × 10 ⁻⁴	1.285 × 10 ⁻³	1

表 13 功率单位换算

序号	瓦 (W)	千瓦 (kW)	公制马力 (PS)	英制马力 (HP)
1	1	10^{-3}	1.36×10^{-3}	1.341×10^{-3}
2	10^3	1	1.36	1.341
3	735.5	0.7355	1	0.9863
4	745.7	0.7457	1.014	1
5	9.807	9.807×10^{-3}	1.333×10^{-3}	1.315×10^{-3}
6	4187	4.137	5.632	5.614
7	1055	1.055	1.434	1.415
8	1.356	1.356×10^{-3}	1.843×10^{-3}	1.82×10^{-3}

序号	公斤·米/秒 (kg·m/s)	千卡/秒 (kcal/s)	英热单位/秒 (Btu/s)	英尺·磅/秒 (ft·lb/s)
1	0.102	2.39×10^{-4}	9.478×10^{-4}	0.7376
2	102	0.239	0.9478	737.6
3	75	0.1757	0.6972	542.5
4	76.04	0.1781	0.7068	550
5	1	2.342×10^{-3}	9.295×10^{-3}	7.233
6	426.9	1	3.968	3087
7	107.6	0.252	1	778.2
8	0.1383	3.24×10^{-4}	1.285×10^{-3}	1

表 14 热容(比热)单位换算

焦耳/公斤·K [J/(kg·K)]	焦耳/克·°C [J/(g·°C)]	千卡/公斤·°C [kcal/(kg·°C)]	英热单位/磅·°F [Btu/(lb·°F)]	摄氏热单位/磅·°C [Chu/(lb·°C)]	公斤·米/公斤·°C [kg·m/(kg·°C)]
1	10^3	2.389×10^2	2.389×10^2	2.389×10^2	1.02×10^3
10^{-3}	1	0.2389	0.2389	0.2389	102×10^1
4.187×10^{-3}	4.187	1	1	1	4.269×10^1
9.807×10^{-6}	9.807×10^{-3}	2.342×10^{-6}	2.342×10^{-3}	2.342×10^{-3}	1

表 15 导热系数单位换算

千卡/米·时·°C [kcal/(m·h·°C)]	卡/厘米·秒·°C [cal/(cm·s·°C)]	瓦/米·K [W/(m·K)]	焦耳/厘米·秒·°C [J/cm·s·°C]	英热单位/英尺·时·°F [Btu/(ft·h·°F)]
1	2.78×10^{-3}	1.16	1.16×10^{-1}	0.672
360	1	418.7	4.187	242
0.8598	2.39×10^{-3}	1	10^{-1}	0.578
85.98	0.239	100	1	57.8
1.49	4.13×10^{-3}	1.73	1.73×10^{-1}	1

表 16 传热系数单位换算

焦耳/米 ² ·秒·K J/(m ² ·s·K) 或 瓦/米 ² ·K[W/(m ² ·K)]	千卡/米 ² ·时·℃ [kcal/(m ² ·h·℃)]	卡/厘米 ² ·秒·℃ [cal/(cm ² ·s·℃)]	英热单位/英尺 ² ·时·°F [Btu/(ft ² ·h·°F)]
1	0.8598	2.388×10^{-5}	0.1761
1.162	1	2.778×10^{-5}	0.2048
4.187×10^4	3.6×10^4	1	7373
5.678	4.882	1.356×10^{-4}	1

表 17 扩散系数单位换算

厘米 ² /秒 (cm ² /s)	米 ² /时 (m ² /h)	英尺 ² /时 (ft ² /h)	英寸 ² /秒 (in ² /s)
1	0.36	3.875	0.155
2.778	1	10.76	0.4306
0.2581	0.0929	1	0.04
6.452	2.323	25	1

表 18 表面张力单位换算

达因/厘米 (dyn/cm)	克/厘米 (g/cm)	公斤/米 (kg/m)	磅/英尺 (lb/ft)
1	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-4}	6.854×10^{-5}
980.7	1	0.1	6.72×10^{-2}
9807	10	1	0.672
14592	14.88	1.488	1

表 19 温度换算公式

摄氏度, °C	华氏度, °F	兰金度, °R	开尔文, K
°C	$\frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32$	$\frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 491.67$	$^{\circ}\text{C} + 273.15$
$\frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$	°F	°F + 459.67	$\frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} + 459.67)$
$\frac{5}{9} (^{\circ}\text{R} - 491.67)$	°R - 459.67	°R	$\frac{5}{9} \cdot ^{\circ}\text{R}$
K - 273.15	$\frac{9}{5}\text{K} - 459.67$	$\frac{9}{5}\text{K}$	K

化工单元操作设计手册

中 册

第五章	加热炉.....	(1)
第六章	基本热力学过程计算	(85)
第七章	管道流体力学计算.....	(120)
第八章	化工容器的工艺设计.....	(235)

第五章

加热炉(管式)

5.1	概述	(2)
5.1.1	几种常用炉型	(2)
5.1.2	炉型选用的原则	(2)
5.1.3	管式加热炉的热效率	(4)
5.2	设计原始资料	(7)
5.3	燃料和燃烧	(7)
5.3.1	燃料的种类和性质	(7)
5.3.2	燃烧计算	(13)
5.4	辐射段	(21)
5.4.1	辐射段尺寸计算	(21)
5.4.2	辐射段传热计算	(22)
5.5	对流段	(30)
5.5.1	对流段尺寸	(30)
5.5.2	对流段传热计算	(31)
5.6	阻力计算	(42)
5.6.1	概述	(42)
5.6.2	喷嘴对通风的要求	(43)
5.6.3	烟道的摩擦阻力	(43)
5.6.4	局部阻力	(48)
5.6.5	横向冲刷管束的阻力	(60)
5.6.6	自生通风	(66)
5.6.7	烟道的总阻力	(67)
5.7	烟囱设计和引风机的选择	(69)
5.7.1	自然引风加热炉的要求	(69)
5.7.2	烟气的阻力	(69)
5.7.3	烟囱的直径	(69)
5.7.4	克服阻力所需的烟囱高度	(69)
5.7.5	加热炉的通风方法	(70)
5.7.6	防止污染要求的烟囱高度	(70)
5.7.7	烟囱高度的选取	(72)
5.7.8	采用引风机时的烟囱高度	(72)
5.7.9	引风机的选择	(72)
	参考文献	(83)

第五章

加热炉(管式)

5.1	概述	(2)
5.1.1	几种常用炉型	(2)
5.1.2	炉型选用的原则	(2)
5.1.3	管式加热炉的热效率	(4)
5.2	设计原始资料	(7)
5.3	燃料和燃烧	(7)
5.3.1	燃料的种类和性质	(7)
5.3.2	燃烧计算	(13)
5.4	辐射段	(21)
5.4.1	辐射段尺寸计算	(21)
5.4.2	辐射段传热计算	(22)
5.5	对流段	(30)
5.5.1	对流段尺寸	(30)
5.5.2	对流段传热计算	(31)
5.6	阻力计算	(42)
5.6.1	概述	(42)
5.6.2	喷嘴对通风的要求	(43)
5.6.3	烟道的摩擦阻力	(43)
5.6.4	局部阻力	(48)
5.6.5	横向冲刷管束的阻力	(60)
5.6.6	自生通风	(66)
5.6.7	烟道的总阻力	(67)
5.7	烟囱设计和引风机的选择	(69)
5.7.1	自然引风加热炉的要求	(69)
5.7.2	烟气的阻力	(69)
5.7.3	烟囱的直径	(69)
5.7.4	克服阻力所需的烟囱高度	(69)
5.7.5	加热炉的通风方法	(70)
5.7.6	防止污染要求的烟囱高度	(70)
5.7.7	烟囱高度的选取	(72)
5.7.8	采用引风机时的烟囱高度	(72)
5.7.9	引风机的选择	(72)
	参考文献	(83)

5.1 概 述

管式加热炉是石油炼制和石油化工生产过程中的高温加热设备。燃料在燃烧室燃烧产生热量，通过烟气的辐射和对流传给管内被加热的物料。

管式加热炉一般由辐射室、对流室和烟囱三大部分组成。在辐射室和对流室内敷设炉管，在烟囱或烟道内设有烟道挡板。在辐射室的底部、侧壁或顶部安装燃烧器。一个比较先进的加热炉还备有烟气的热回收系统和空气、燃料比例控制系统等。

5.1.1 几种常用炉型

管式加热炉的分类方法繁多，一般按炉型结构可分为圆筒炉、立式炉和箱式炉。

(1) 圆筒炉 分为全辐射圆筒炉和带有对流室圆筒炉。

a. 全辐射圆筒炉

这种加热炉只有辐射室，投资费用低、效率低、占地面积小、热负荷为 $(10\sim 500)\times 10^4\text{kcal/h}$ 。

b. 按炉管布置不同又分为立管全辐射圆筒炉，如图5-1a和盘管全辐射圆筒炉如图5-1(b)。

b. 带有对流室圆筒炉

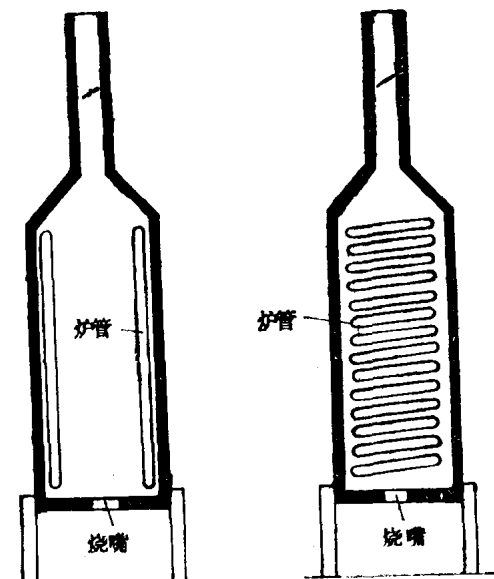


图5-1a 立管全辐射圆筒炉

图5-1b 盘管全辐射圆筒炉

小型炉不设置对流室。有对流室的炉子有辐射室和对流室，对流室在辐射室上方。这种炉型应用较普遍，造价低，效率高，占地面积小，其热负荷小于 $1800\times 10^4\text{kcal/h}$ 。按辐射室炉管布置方式可分为立管式圆筒炉如图5-2a和盘管式圆筒炉如图5-2b。

(2) 立式炉

立式炉是广为采用的炉型之一。分为卧管立式炉如图5-3a和立管立式炉如图5-3b。这种炉子高度通常为宽度的2~3倍。整个炉体相当长，从外形看是一个长方体。全炉分：上部为烟囱，中部为对流室，下部为辐射室的三大部分。其热负荷为 $(1800\sim 4000)\times 10^4\text{kcal/h}$ 。

a. 卧管立式炉 水平炉管具有良好的流动稳定性，管子受热较均匀，易于清焦，但占地面积大，合金材料用量多。

b. 立管立式炉 管子受热不均匀，清焦较难，由于炉管采用顶吊，合金材料用量少。

(3) 箱式炉 见图5-4

箱式炉其热负荷大于 $4300\times 10^4\text{kcal/h}$ 。

箱式炉的特点是长、宽、高大致相近，辐射室和对流室用火墙隔开。其缺点：占地面积大，结构复杂，钢材耗用量大，炉管受热不均。

5.1.2 炉型选用的原则

加热炉炉型很多，在什么条件下选用什么炉型最好，一般从下述几个方面考虑。

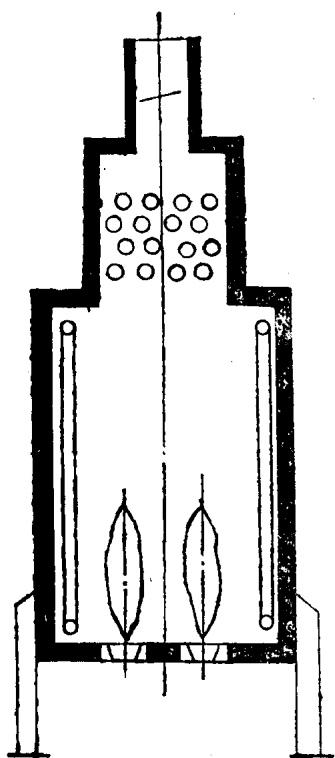


图5-2a 立管圆筒炉

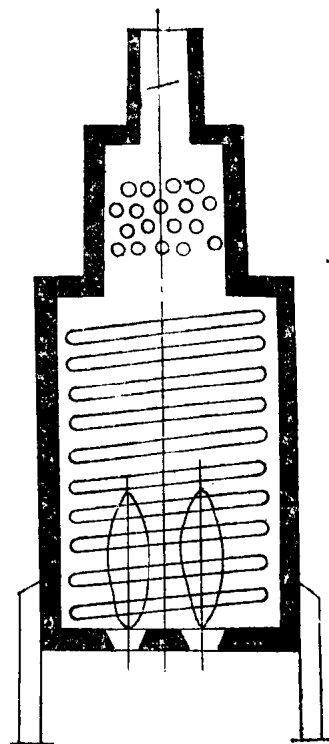


图5-2b 盘管圆筒炉

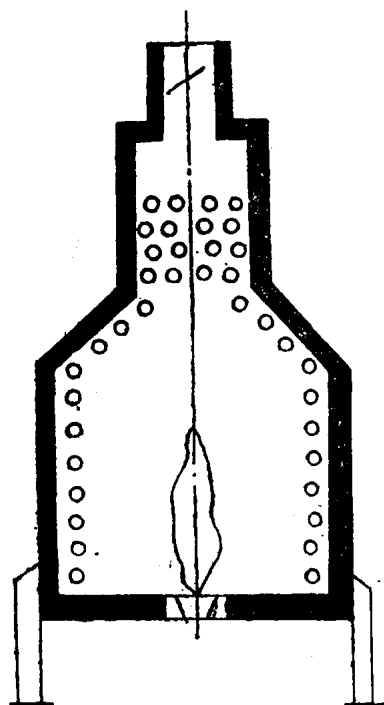


图5-3a 卧管立式炉

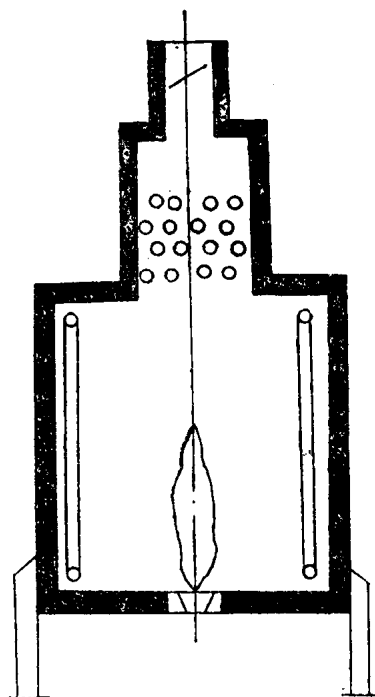


图5-3b 立管立式炉

(1) 炉子的热效率