

高等学校教学用书

化工过程及设备 例题和习题

П. Г. 罗曼科夫主编

高等教育出版社

高等学校教学用书



化工过程及设备例题和习题

И. Г. 罗曼科夫主编
潘 天 鐸 译

高等教育出版社

本書系根据苏联國立化学科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство химической литературы) 出版的罗曼科夫(П. Г. Романков)教授主編, 巴甫洛夫(К. Ф. Павлов)、罗曼科夫和諾斯科夫(А. А. Носков)合著“化工过程及設備例題和習題”(Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии) 1955 年第三版增訂版譯出。原書經苏联高等教育部審定為高等化工學校教學參考書。本書可與卡薩特金(А. Г. Касаткин)教授著“化工过程及設備”(Основные процессы и аппараты химической технологии)配合用。亦可供課程設計時作參考。

本書共分下述八章: 流体力学, 泵、鼓風机、压缩机, 水力机械分离法、液态介質中的攪拌, 化工設備中的傳热, 蒸發和結晶, 干燥, 蒸餾、精餾、吸收, 以及冷冻和深度冷冻。为了配合本課程的理論部分, 在每一章前都有解題需用的基本計算公式的簡要敘述。在書末附有許多参考数据、圖表和算圖。

原書 1950 年第二版中譯本名為“化工原理習題”, 於 1953 年 11 月初版, 由商务印書館出版。自 1956 年 12 月起原書第三版中譯本改由本社出版。

化工过程及設備例題和習題

П. Г. 罗曼科夫主編

潘天鐸譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·252 開本 850×1168 1/32 印張 17 10/16 字數 425,000

一九五六年十二月上海第一版

一九五六年十二月上海第一次印刷

印數 1—5,500

定價(10) 另 2.00

目 錄

原序	8
主要符号	10
引言	13
第一章 流体力学	21
計算公式	21
例題	41
習題	78
第二章 泵。送風机。压缩机	85
計算公式	85
例題	94
習題	114
第三章 水力机械分离法。液态介質中的攪拌	119
計算公式	119
沉降法	119
過濾	126
离心分离	130
液态介質中的攪拌	133
例題	135
沉降法	135
過濾	143
离心分离	152
液态介質中的攪拌	158
習題	166
淨除气体中的塵灰的泡沫滌气器的計算实例①	171
第四章 化工設備中的傳热	177
計算公式	177
对流給热	181

物态没有发生变化的给热	182
强制流动时的给热	182
自由流动时的给热	191
物态发生变化的给热	193
液体沸腾时的给热	193
蒸汽冷凝时的给热	197
物流直接接触时的给热	200
固体热辐射时的给热	202
非稳定流时的传热	204
例题	205
习题	237
换热器计算举例	244
第五章 蒸发、结晶	256
计算公式	256
例题	264
习题	279
三效蒸发装置计算举例	285
第六章 干燥	293
计算公式	293
例题	298
习题	325
干燥器计算举例	328
第七章 蒸馏、精馏、吸收	363
计算公式	363
例题	383
习题	421
泡板精馏塔计算举例	427
第八章 冷冻与深度冷冻	434
计算公式	434
例题	443
习题	470
参考书刊	475
习题答案	480
附录	487

表格	487
I. 某些元素的原子量	487
II. 固体物料的重度和体積重量	488
III. 某些液体在 0—20° 时的重度	489
IV. 某些气体的主要的物理性質	490
V. 水的粘度	492
VI. 某些水溶液的粘度, [厘泊]	493
VII. 計算粘度用的原子常数	493
VIII. 計算粘度用的原子常数之校正值	494
IX. 某些气体的 $\sqrt{MT_R}$ 值	495
X. 管壁具有不同糙度的摩擦系数 λ 值	495
XI. 因局部阻力而引起的压头損失	495
XII. 局部阻力系数	496
XIII. 在層流时各种断面管路的当量直徑和系数 A 的数值	498
XIV. 無縫鋼管	498
XV. 鋼質气体導管	499
XVI. 环狀或塊狀填料的特性	500
XVII. 弦柵填料的特性	500
XVIII. 随 Re 而定的 ψ , $Re^2\psi$ 和 $\frac{\psi}{Re}$ 数值	501
XIX. 各种形狀的微粒的系数 ϕ 值	502
XX. 各种形狀的微粒的系数 ϕ' 值	502
XXI. 各种攪拌器的常数 m 和 c 值	502
XXII. 某些液体的表面張力	503
XXIII. 某些水溶液的表面張力	504
XXIV. 某些物料的黑度 ϵ	504
XXV. 某些固体在 0—100° 时的平均比热	505
XXVI. 某些液体的平均比热	505
XXVII. 某些气体在 $p=1$ [絕對大气压] 下的分子比热	505
XXVIII. 某些固体物料在 0—100° 时的導热系数	506
XXIX. 某些水溶液的導热系数	507
XXX. 某些气体在 $p=1$ [絕對大气压] 下的導热系数	507
XXXI. 某些液体的汽化热	508
XXXII. 水的体積膨脹系数	509
XXXIII. 某些液体在 $\sim 20^\circ$ 时的体積膨脹系数	509
XXXIV. 花板上按正六角形和同心圓所排列的管子的数目	510
XXXV. 某些水溶液在大气压下的沸点	511
XXXVI. 某些鹽类在水里的溶解热	512

XXXVII.	飽和水蒸汽在从 -20° — 100° 时的压力	512
XXXVIII.	苏联各区域内空气的平均温度和相对湿度	513
XXXIX.	某些二元物系在 $\Pi=1$ [绝对大气压] 下的液体与蒸汽的平衡組成	515
XL.	某些气体的水溶液的常数 K 值	516
XLI.	气体与蒸汽在空气中的擴散系数 ($T_0=273^{\circ}\text{K}$ 和 $p_0=1$ [绝对大气压])	517
XLII.	某些气体在水中的擴散系数 (20°)	517
XLIII.	氨的飽和蒸汽	517
XLIV.	二氟二氯甲烷(弗立安-12) 的飽和蒸汽	518
XLV.	氯化鈉溶液在低温时的物理性質	519
XLVI.	氯化鈣溶液在低温时的物理性質	520
XLVII.	氯化鈉溶液与氯化鈣溶液的比热	521
XLVIII.	飽和水蒸汽(以溫度計)	522
XLIX.	飽和水蒸汽(以压力計)	524
L.	單位換算	526
LI.	英制單位換算为公制單位	527
LII.	十底对数(对数尾数)	528
圖和算圖		530
I.	有机液体的粘度算圖	494
II.	管子在花板上按正六角形排列法	510
III.	管子在花板上按同心圓排列法	510
IV.	導管算圖	530
V.	管中的摩擦系数 λ 与 Re 准数的关系	531
VI.	管壁具有不同糙度的管內的摩擦系数与 Re 准数的关系	532
VII.	液体的粘度算圖	533
VIII.	气体的粘度算圖	534
IX.	阻力系数 ψ 与 Re 准数的关系	535
IXa.	$Ly = \frac{Re^3}{Ar}$ 准数与 Ar 准数的关系	536
X.	攪拌器在光滑壁的设备內 $Eu_{攪}$ 与 $Re_{攪}$ 的关系	537
XI.	多程换热器的校正系数 f	538
XII.	烟道气的導热系数	539
XIII.	某些液体的導热系数	539
XIV.	某些液体的比热算圖	540
XV.	給热系数算圖 ($Re > 10,000$)	542
XVI.	某些液体的 Pr 准数算圖	543
XVII.	$Nu/Pr^{0.4}$ 和 Re 的关系	544

XVIII.	$Pr^{0.4}$ 与 $Re^{0.6}$ 的数值.....	545
XIX.	求水的 Gr 与 Pr 的乘積(GrPr)的算圖.....	546
XX.	求自由流动时的 α 的算圖 ($GrPr < 20 \times 10^6$).....	547
XXI.	求自由流动时的 α 的算圖 ($GrPr > 20 \times 10^6$).....	549
XXII.	求飽和蒸汽冷凝时的給热系数的算圖.....	550
XXIII.	求飽和蒸汽压与沸点的算圖.....	551
XXIV.	計算沸点的直線圖(根据水).....	552
XXV.	計算沸点的直線圖(根据己烷).....	552
XXVI.	己烷的飽和蒸汽压与溫度的关系.....	553
XXVII.	己烷的气化热与溫度的关系.....	553
XXVIII.	大气压下水溶液的沸点随濃度增大而上升的关系.....	554
XXIX.	某些鹽类在水中的溶解度与溫度的关系.....	554
XXX.	湿空气的拉姆津圖.....	555
XXXI.	Nu 准数与 $Re_{\text{管}}$ 的关系.....	556
XXXII.	$Re_{\text{管}}$ 与 Ki_r 准数的关系	556
XXXIII.	某些有机液体的飽和蒸汽压与溫度的关系.....	557
XXXIV.	某些有机液体(沒有与水混合的)的飽和蒸汽压与溫度的关系.....	557
XXXV.	重量百分数与分子百分数的換算圖.....	558
XXXVI.	水蒸汽 $I-S$ 圖	559
XXXVII.	氨 $T-S$ 圖	560
XXXVIII.	二氟二氯甲烷(弗立安-12) $i-\log p$ 圖	561
XXXIX.	二氧化碳 $T-S$ 圖	562
XL.	空气 $T-S$ 圖	563
XLI.	空气 $T-S$ 圖(高溫)	564

高等学校教学用书



化工过程及设备例题和习题

И. Г. 罗曼科夫主编
潘 天 鐸 译

高等教育出版社

本書系根据苏联國立化学科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство химической литературы) 出版的罗曼科夫(П. Г. Романков)教授主編, 巴甫洛夫(К. Ф. Павлов)、罗曼科夫和諾斯科夫(А. А. Носков)合著“化工过程及設備例題和習題”(Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии) 1955 年第三版增訂版譯出。原書經苏联高等教育部審定為高等化工學校教學參考書。本書可與卡薩特金(А. Г. Касаткин)教授著“化工过程及設備”(Основные процессы и аппараты химической технологии)配合用。亦可供課程設計時作參考。

本書共分下述八章: 流体力学, 泵、鼓風机、压缩机, 水力机械分离法、液态介質中的攪拌, 化工設備中的傳热, 蒸發和結晶, 干燥, 蒸餾、精餾、吸收, 以及冷冻和深度冷冻。为了配合本課程的理論部分, 在每一章前都有解題需用的基本計算公式的簡要敘述。在書末附有許多参考数据、圖表和算圖。

原書 1950 年第二版中譯本名為“化工原理習題”, 於 1953 年 11 月初版, 由商务印書館出版。自 1956 年 12 月起原書第三版中譯本改由本社出版。

化工过程及設備例題和習題

П. Г. 罗曼科夫主編

潘天鐸譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·252 開本 850×1168 1/32 印張 17 10/16 字數 425,000

一九五六年十二月上海第一版

一九五六年十二月上海第一次印刷

印數 1—5,500

定價(10) 另 2.00

目 錄

原序	8
主要符号	10
引言	13
第一章 流体力学	21
計算公式	21
例題	41
習題	78
第二章 泵。送風机。压缩机	85
計算公式	85
例題	94
習題	114
第三章 水力机械分离法。液态介質中的攪拌	119
計算公式	119
沉降法	119
過濾	126
离心分离	130
液态介質中的攪拌	133
例題	135
沉降法	135
過濾	143
离心分离	152
液态介質中的攪拌	158
習題	166
淨除气体中的塵灰的泡沫滌气器的計算实例①	171
第四章 化工設備中的傳热	177
計算公式	177
对流給热	181

(3)

1464850

物态没有发生变化的给热	182
强制流动时的给热	182
自由流动时的给热	191
物态发生变化的给热	193
液体沸腾时的给热	193
蒸汽冷凝时的给热	197
物流直接接触时的给热	200
固体热辐射时的给热	202
非稳定流时的传热	204
例题	205
习题	237
换热器计算举例	244
第五章 蒸发、结晶	256
计算公式	256
例题	264
习题	279
三效蒸发装置计算举例	285
第六章 干燥	293
计算公式	293
例题	298
习题	325
干燥器计算举例	328
第七章 蒸馏、精馏、吸收	363
计算公式	363
例题	383
习题	421
泡板精馏塔计算举例	427
第八章 冷冻与深度冷冻	434
计算公式	434
例题	443
习题	470
参考书刊	475
习题答案	480
附录	487

表格	487
I. 某些元素的原子量	487
II. 固体物料的重度和体積重量	488
III. 某些液体在 0—20° 时的重度	489
IV. 某些气体的主要的物理性質	490
V. 水的粘度	492
VI. 某些水溶液的粘度, [厘泊]	493
VII. 計算粘度用的原子常数	493
VIII. 計算粘度用的原子常数之校正值	494
IX. 某些气体的 $\sqrt{MT_R}$ 值	495
X. 管壁具有不同糙度的摩擦系数 λ 值	495
XI. 因局部阻力而引起的压头損失	495
XII. 局部阻力系数	496
XIII. 在層流时各种断面管路的当量直徑和系数 A 的数值	498
XIV. 無縫鋼管	498
XV. 鋼質气体導管	499
XVI. 环狀或塊狀填料的特性	500
XVII. 弦柵填料的特性	500
XVIII. 随 Re 而定的 ψ , $Re^2\psi$ 和 $\frac{\psi}{Re}$ 数值	501
XIX. 各种形狀的微粒的系数 ϕ 值	502
XX. 各种形狀的微粒的系数 ϕ' 值	502
XXI. 各种攪拌器的常数 m 和 c 值	502
XXII. 某些液体的表面張力	503
XXIII. 某些水溶液的表面張力	504
XXIV. 某些物料的黑度 ϵ	504
XXV. 某些固体在 0—100° 时的平均比热	505
XXVI. 某些液体的平均比热	505
XXVII. 某些气体在 $p=1$ [絕對大气压] 下的分子比热	505
XXVIII. 某些固体物料在 0—100° 时的導热系数	506
XXIX. 某些水溶液的導热系数	507
XXX. 某些气体在 $p=1$ [絕對大气压] 下的導热系数	507
XXXI. 某些液体的汽化热	508
XXXII. 水的体積膨脹系数	509
XXXIII. 某些液体在 $\sim 20^\circ$ 时的体積膨脹系数	509
XXXIV. 花板上按正六角形和同心圓所排列的管子的数目	510
XXXV. 某些水溶液在大气压下的沸点	511
XXXVI. 某些鹽类在水里的溶解热	512

XXXVII.	飽和水蒸汽在从 -20° — 100° 时的压力	512
XXXVIII.	苏联各区域内空气的平均温度和相对湿度	513
XXXIX.	某些二元物系在 $\Pi=1$ [绝对大气压] 下的液体与蒸汽的平衡組成	515
XL.	某些气体的水溶液的常数 K 值	516
XLI.	气体与蒸汽在空气中的擴散系数 ($T_0=273^{\circ}\text{K}$ 和 $p_0=1$ [绝对大气压])	517
XLII.	某些气体在水中的擴散系数 (20°)	517
XLIII.	氨的飽和蒸汽	517
XLIV.	二氟二氯甲烷(弗立安-12) 的飽和蒸汽	518
XLV.	氯化鈉溶液在低溫时的物理性質	519
XLVI.	氯化鈣溶液在低溫时的物理性質	520
XLVII.	氯化鈉溶液与氯化鈣溶液的比热	521
XLVIII.	飽和水蒸汽(以溫度計)	522
XLIX.	飽和水蒸汽(以压力計)	524
L.	單位換算	526
LI.	英制單位換算为公制單位	527
LII.	十底对数(对数尾数)	528
圖和算圖		530
I.	有机液体的粘度算圖	494
II.	管子在花板上按正六角形排列法	510
III.	管子在花板上按同心圓排列法	510
IV.	導管算圖	530
V.	管中的摩擦系数 λ 与 Re 准数的关系	531
VI.	管壁具有不同糙度的管內的摩擦系数与 Re 准数的关系	532
VII.	液体的粘度算圖	533
VIII.	气体的粘度算圖	534
IX.	阻力系数 ψ 与 Re 准数的关系	535
IXa.	$Ly = \frac{Re^3}{Ar}$ 准数与 Ar 准数的关系	536
X.	攪拌器在光滑壁的设备內 $Eu_{攪}$ 与 $Re_{攪}$ 的关系	537
XI.	多程换热器的校正系数 f	538
XII.	烟道气的導热系数	539
XIII.	某些液体的導热系数	539
XIV.	某些液体的比热算圖	540
XV.	給热系数算圖 ($Re > 10,000$)	542
XVI.	某些液体的 Pr 准数算圖	543
XVII.	$Nu/Pr^{0.4}$ 和 Re 的关系	544

XVIII.	$Pr^{0.4}$ 与 $Re^{0.6}$ 的数值.....	545
XIX.	求水的 Gr 与 Pr 的乘積(GrPr)的算圖.....	546
XX.	求自由流动时的 α 的算圖 ($GrPr < 20 \times 10^6$).....	547
XXI.	求自由流动时的 α 的算圖 ($GrPr > 20 \times 10^6$).....	549
XXII.	求飽和蒸汽冷凝时的給热系数的算圖.....	550
XXIII.	求飽和蒸汽压与沸点的算圖.....	551
XXIV.	計算沸点的直線圖(根据水).....	552
XXV.	計算沸点的直線圖(根据己烷).....	552
XXVI.	己烷的飽和蒸汽压与溫度的关系.....	553
XXVII.	己烷的气化热与溫度的关系.....	553
XXVIII.	大气压下水溶液的沸点随濃度增大而上升的关系.....	554
XXIX.	某些鹽类在水中的溶解度与溫度的关系.....	554
XXX.	湿空气的拉姆津圖.....	555
XXXI.	Nu 准数与 $Re_{\text{管}}$ 的关系.....	556
XXXII.	$Re_{\text{管}}$ 与 Ki_r 准数的关系	556
XXXIII.	某些有机液体的飽和蒸汽压与溫度的关系.....	557
XXXIV.	某些有机液体(沒有与水混合的)的飽和蒸汽压与溫度的关系.....	557
XXXV.	重量百分数与分子百分数的換算圖.....	558
XXXVI.	水蒸汽 $I-S$ 圖	559
XXXVII.	氨 $T-S$ 圖	560
XXXVIII.	二氟二氯甲烷(弗立安-12) $i-\log p$ 圖	561
XXXIX.	二氧化碳 $T-S$ 圖	562
XL.	空气 $T-S$ 圖	563
XLI.	空气 $T-S$ 圖(高溫)	564

原 序

苏联化学工業及其技術的迅速發展，就要求對於有关化学工厂設計、建筑和操作等的为数極多、且各式各样的問題加以科学的解决。在負有解决这类問題的使命的科学中，化工过程及設備就是其中重要的一門科学，它的数据不僅廣泛地应用於化学工業，亦应用於与其相近的其它國民經濟部門（化学制藥業、食品工業、輕工業等等）。

在學習化工过程及設備這一課程时，必須大大地注意使學生能獲得解决工程問題的技能；为此，在高等化工学校及化工系的教学大綱內規定該課程的計算部分要有習題課。列寧格勒連索維特工学院化工过程及設備教研組編輯本書的目的，就是在於供學生在課堂學習时作为教学参考書。

在准备本書第三版的时候，曾根据化学技術部門及与其相近的知識部門的最近的科学研究工作，將許多計算公式和参考数据予以審查修正。其中，“化工設備中的傳热”及“蒸餾、精餾、吸收”二章修改得最多。

几乎每章都增添了新的例題和習題，並糾正了已經發現的第二版中所存在的缺点。書末附有补充参考数据和求解習題时所必需的最常用的計算圖表。

在本書中仍然像第二版一样對學生的獨立工作給予了很大注意（習題答案）。这些習題答案均附於書末。

本書系用作學習化工过程及設備這一課程时的教学参考書，但不應看作是参考手冊。大部分習題都是典型性的，而習題的分

量則符合於課堂學習之用。

大部分例題和習題由 И. Г. 罗曼科夫和 А. А. 諾斯科夫所編。第一章內的一部分例題和習題由 К. Ф. 巴甫洛夫所編；而第七章和第八章內的一部分例題和習題由 М. П. 馬尔科夫所編。

本書各章原稿承列寧格勒連索維特工学院化工过程及設備教研組下列同志作了校對並提出了補充意見，著者特在此表示謝意：И. С. 帕夫路辛科、И. А. 雅布龍斯基、И. В. 拉什科夫斯卡婭、М. И. 庫羅契金娜、В. Н. 列比玲、А. В. 柯洛特金、Л. П. 德米特連科、Н. В. 特凡尔特雪娃。

許多高等化工學校及多科性工学院的化工过程及設備教研組所提出的關於本書內容的寶貴的批評和意見，我們已經盡量地考慮到了。作者非常感謝這些教研組的下列負責人和同志的幫助：А. Г. 卡薩特金、А. Н. 普蘭諾夫斯基、Н. И. 盖尔彼尔玲、К. Н. 沙巴玲、А. А. 特魯法諾夫、Я. М. 布拉涅斯、Ю. Н. 斯拉維揚諾夫、В. О. 庫爾巴赫、О. И. 波德加也茨卡婭、Л. Л. 多布羅謝尔多夫、Н. Н. 諾爾金。

И. 罗曼科夫