

高等学校教学用书

有机中间体 及染料工业特殊设备

A. H. 普朗诺夫斯基著

高等教育出版社

高等学校教学用书



有机中间体 及染料工业特殊设备

A. H. 普朗諾夫斯基著
孫 令 衡 譯

高等教育出版社



本書根據蘇聯國立化學科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство химической литературы)1940年出版的普朗諾夫斯基(А. Н. Плановский)所著“有機中間體及染料工業特殊設備”(Специальная аппаратура промышленности органических полупродуктов и красителей)一書譯出。原書經蘇聯化學工業人民委員部學校管理局審定作為高等化學工業學校教科書。除了對於苯胺染料工業專業的学生以外,本書對於苯胺染料工業、國防工業、化學製藥工業、有機合成工業的工程技術人員,對於化學工業設計機構的工作人員,以及對於“化工過程及設備”(化工原理)一課的教師與科學工作者們都具有參考價值。

本書共分十二章,講述反應設備以及各種過程所用設備的類型、構造及計算。由天津大學化工系染料及中間體教研室教師孫令衡主譯,其中第四章及第五章是大連工學院俞飛白同志翻譯的。

有機中間體 及染料工業特殊設備

А. Н. 普朗諾夫斯基著 孫令衡譯

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)

北京市印刷一廠印刷 新華書店總經售

書號15010.46 開本350×1168 1/32 印張14 1/8 插頁1 字數374,000

一九五六年一月北京第一版

一九五六年五月北京第二次印刷

印數1,501—4,500 定價(10) 2.10

目 錄

原序	9
緒論	11
第一章 典型的反应設備及其零件	14
§ 1. 關於有机中間体及染料工業設備的一般概念	14
概說・決定反应設備構造的因素・典型的反应設備	
§ 2. 典型反应設備的材料	27
概說・鋼・鑄鐵・特种鑄鋼和鋼与有色金屬的合金・特种鑄鐵・鋁・銅・鎳・鉛・蒙尼合金・哈維格塑料・木材	
§ 3. 保護性覆蓋層	33
概說・鍍鉛・襯墊橡膠・襯砌覆面磚・搪磁・塗料	
§ 4. 不具混和裝置与傳熱表面的豎式鍋	42
鍋的形狀・鋼製的鋼鍋・鑄鐵鍋	
§ 5. 豎式鍋傳熱表面的構件	44
夾套・蛇管・列管・反应設備的加熱和冷却・蒙矽爐・煤氣爐・蒙矽電爐	
§ 6. 反应鍋的附件	56
突緣接合・連管・人孔・加料管・压出管・下部出料口・溫度計插管	
§ 7. 桶	63
木桶・木桶的附件・鋼桶	
§ 8. 典型反应設備的攪拌裝置	68
攪拌器・密氣裝置	
§ 9. 反应設備的電力傳動	74
概說・集体傳動・个别傳動	
第二章 反应設備的計算	82
§ 10. 物料計算	82
生產过程的物料衡算・例題	
§ 11. 反应設備的工藝計算	84
概說・容積型反应設備的工藝計算・傳熱型反应設備的工藝計算・根据給定的兩相間接觸面積來進行反应設備的工藝計算	

§ 12. 反应設備的热量計算	91
概說・热量衡算・加熱劑和致冷劑消耗量的確定・傳熱面積与过程持續時間的確定	
§ 13. 典型反应設備的机械計算	107
概說・鋼製薄壁設備・鋼製厚壁設備・突緣与螺栓接合・管与管板	
第三章 貯藏、運輸和衡量物料的设备	117
§ 14. 貯藏、運輸和衡量液体的設備	117
長距离輸送液体的設備・在倉庫中貯藏液体的設備・在工廠地區內運輸液体原料的設備・在車間中貯藏液体的設備・量液器・連續量液器	
§ 15. 貯藏、運輸和衡量固体的設備	134
倉庫建築・運輸設備・固体物料的衡量	
§ 16. 貯藏、運輸和衡量气体的設備	137
气体的長距离運輸・气体在倉庫中的貯藏・气体在工廠地區內的運輸・气体在車間中的貯藏和運輸・气体的衡量	
第四章 磺代过程的設備	143
§ 17. 關於磺代过程的一般概念	143
概說・關於全套磺代設備的一般概念	
§ 18. 磺代过程中酸類的混和	146
硫酸的稀釋与混和・酸類混和時的物料衡算・酸類混和時的热量衡算・用於硫酸及發烟硫酸的混和及稀釋的設備	
§ 19. 磺代器	155
以液态磺代剂对液态或固态物料進行磺代時所用的磺代器・以液态磺代剂对气态原料進行磺代時所用的磺代器・以硫酐对液态的或已溶解的物料進行磺代時所用的磺代器・以液态磺代剂对液态物料進行“萃取”磺代時所用的磺代器・用於烘焙磺代法的磺代器。	
§ 20. 磺代器的热量衡算	166
热量衡算的一般方程式・磺代过程的热效应	
§ 21. 磺代產物繼續加工所用的設備	170
以亞硫酸鈉对磺代混合物進行中和过程的設備・以碳酸鈣或石灰对磺代混合物進行中和过程的設備・磺酸類的鹽析設備・藉稀釋磺代混合物使磺酸析出的过程所用的設備・磺酸中和过程与鹽析过程的热量衡算	
§ 22. 硫酐的吸收	179
概說・硫酐的吸收設備	
第五章 硝代过程的設備	181
§ 23. 關於硝代过程的一般概念	181

概說・關於硝代設備的一般概念	
§ 24. 硝代过程中酸類的混合	186
概說・硝代过程中混合酸類的設備・酸類混合時的物料衡算与硝代混酸的計算・在製備硝代混酸过程中酸類混合時的熱量衡算	
§ 25. 硝代器	201
概說・間歇操作的硝代器構造・連續操作的硝代器的構造	
§ 26. 硝代器的熱量衡算	214
硝代器熱量衡算的一般方程式・硝代过程的热效应	
§ 27. 硝代產物繼續加工所用的設備	216
沉降器・弗洛倫廷分离器・廢酸沉降器・硝代產物的洗滌与中和設備・粗製硝代產物繼續加工所用的設備・氮的氧化物的吸收設備	
第六章 氯代过程的設備	227
§ 28. 關於氯代过程的一般概念	227
概說・關於全套氯代設備的一般概念	
§ 29. 氯代原料与氯代剂的預处理設備	230
氯的蒸發器・氯的乾燥設備・被氯代烴類的乾燥器	
§ 30. 氯代器	238
液态芳香烴核上氯代所用的氯代器・芳族化合物側鏈氯代所用的氯代器・固态物料在惰性溶剂或稀釋剂等介質中進行氯代过程所用的氯代器	
§ 31. 氯代器的熱量衡算	249
熱量衡算的一般方程式・氯代过程的热效应	
§ 32. 氯代过程中氯化氫与氯气的吸收	251
氯代原料从氯化氫气体混合物中分离的过程・氯化氫的吸收	
第七章 硝基化合物还原过程的設備	258
§ 33. 關於硝基化合物还原过程的一般概念	258
概說・關於还原設備的一般概念	
§ 34. 原料的預处理設備	260
碱類的溶解設備・硫化鈉的溶解設備与多硫化物的預製設備	
§ 35. 还原器	267
在弱酸性介質中使用鑄鉄刨花的还原器・使用鋅粉的还原器・使用硫化碱類的还原器・使用氫气(分子态氫)的还原器	
§ 36. 还原过程的熱量衡算	272
熱量衡算的一般方程式・使用鑄鉄刨花的还原过程的热效应・使用鋅粉的还原过程的热效应・使用硫化碱類的还原过程的热效应	
§ 37. 製出的胺類的繼續加工	273
概說・水蒸汽蒸餾・与萃取結合的蒸餾・在水蒸汽鉛盤中利用胺水溶液	

的蒸餾・真空蒸餾・過濾・虹吸・

第八章 亞硝代、重氮化与偶氮結合等过程的設備	286
§ 38. 關於亞硝代、重氮化与偶氮結合等过程的一般概念	286
概說・關於亞硝代、重氮化与偶氮結合等过程的設備的一般概念	
§ 39. 亞硝代、重氮化与偶氮結合等过程的設備	289
§ 40. 重氮化、偶氮結合与亞硝代等过程的热量衡算	293
热量衡算的一般方程式・重氮化过程的热效应・偶氮結合过程的热效应・亞硝代过程的热效应	
第九章 熔融与烘焙等过程的設備	304
§ 41. 關於熔融与烘焙等过程的一般概念	304
概說・關於碱熔与硫化等过程的設備的一般概念	
§ 42. 熔融与烘焙的設備	305
概說・熔融鍋与浸煮鍋的構造・烘焙設備	
§ 43. 熔融与烘焙等过程的热量衡算	315
热量衡算的一般方程式・熔融与烘焙等过程的热效应	
§ 44. 熔融与烘焙產物繼續加工所用的設備	320
§ 45. 硫化氫的吸收	322
概說・硫化氫的吸收設備	
第十章 縮合过程的設備	327
§ 46. 關於縮合过程的一般概念	327
概說・關於縮合过程的設備的一般概念	
§ 47. 在氯化鋁存在下進行的縮合过程的設備	329
概說・在氯化鋁存在下進行縮合过程的反应器	
§ 48. 在氯化鋅存在下進行縮合过程的設備	334
概說・用來預先处理氯化鋅与進行縮合过程的設備	
§ 49. 在硫酸存在下進行縮合过程的設備	336
概說・在硫酸存在下進行縮合过程的反应器	
§ 50. 在碱類存在下進行縮合过程的設備	338
概說・在碱類存在下進行縮合过程的反应器	
§ 51. 使用甘油的縮合过程的設備	341
过程進行的条件与反应設備	
§ 52. 羧化过程的設備	342
概說・羧化的設備	
第十一章 在加压下進行的过程的設備	344
§ 53. 關於在加压下進行的过程的一般概念	344

概說・碱性水解、氨解与烷基替代等过程的扼要說明・關於在加压下進行的过程的設備的一般概念	
§ 54. 在加压下進行的过程中所用的反应器	377
概說・压熱鍋・蛇管式反应設備	
§ 55. 水解、氨解和烷基替代等过程的热量衡算	386
水解、氨解和烷基替代等过程的热量衡算的一般方程式・水解过程的热效应・氨解过程的热效应・烷基替代过程的热效应・在未起反应的物料的蒸餾階段中的热量衡算	
§ 56. 在与压熱过程有關的輔助过程中所使用的設備	376
概說・氨的回收与再生設備	
第十二章 接觸催化过程的設備	383
§ 57. 關於接觸催化过程的一般概念	383
概說・關於接觸催化过程的設備的一般概念	
§ 58. 接觸过程中所使用的物料的預处理设备	386
固态組份的熔化設備・气态組份的淨化設備与壓縮設備・液态組份的汽化与气体-蒸气混合物的製备等操作所用的設備	
§ 59. 轉化器	395
实现接觸过程的条件・在接觸設備中的動力学關係与熱学關係・轉化器的構造・催化劑在接觸管中的分佈・轉化器中溫度的調節	
§ 60. 轉化器的热量衡算	422
热量衡算的一般方程式・高溫反应的热效应計算法	
§ 61. 接觸反应產物繼續加工所用的設備	426
例題	429
人名音譯对照表	453
中俄術語名詞对照表	454

附表頁次

表 1. 在有机中間体和染料工業中在製造設備上所最廣泛採用的材料	37
表 2. 元素的原子熱容	93
表 3. 元素的燃燒熱	95
表 4. 熱量校正數的數值	97
表 5. 係數 m 的數值	109
表 6. 酸類為鹼類所中和的中和熱(千卡/克當量氫)	177
表 7. Δq 與鹼類從元素生成的生成熱的數值	178
表 8. 苯胺-水混合物的溶解限度	277
表 9. 苯胺與水的相互溶解度	278
表 10. 重氮化過程中各反應-單元的熱效應(千卡/克分子)	298
表 11. 與 β -萘酚偶氮結合的各個過程中的反應-單元的熱效應(千卡/克分子)	300
表 12. 各種偶合組份與苯重氮氯化物的偶合反應熱	301
表 13. 亞硝代產物的燃燒熱	303
表 14. 苯酚類與萘酚類的中和熱	318
表 15. 硫化氫在水中的溶解度常數(K)與溫度(t°)的關係	324
表 16. 氣態氫溶解在水中時,根據製成的溶液濃度($\sigma\%$)及溫度(t°)不同而放出的不同熱量(千卡/公斤水)	370
表 17. 氫溶液的組成(在水中的 $\text{NH}_3, x\%$)與溶液上蒸氣組成(在蒸氣中的 $\text{NH}_3, y\%$)之間的關係	374
表 18. 在不同的溫度下(壓力為 760 毫米)氫在水中的溶解度	379
表 19. 在不同的分壓(氫在氣體混合物中的分壓 $p\text{NH}_3$, 毫米汞柱)與溫度($t^\circ\text{C}$)下氫在水中的溶解度(x 克氫/克水)	379
表 20. 在不同的溫度($t^\circ\text{C}$)與溶液上不同的氣體混合物總壓力($p = p\text{NH}_3 + p\text{H}_2\text{O}$, 毫米汞柱)下氫的溶解度	380
表 21. 公式(261)中係數 A 的數值	410

原 序

“有机中間体与染料工業特殊設備”作为一門独立的課程而列入高等化学工業学校的教學計劃中，祇是不多幾年以前的事。

在 1932 年，A. T. 卡薩特金首先將這門課程，以較窄的範圍作为“苯胺染料工廠設計概論”，列入莫斯科門捷列夫化学工程學院的教學計劃；並且亦是他擔任了第一次講授。

後來从 1935 年起，本書的作者在上述學院中擔任了“特殊設備”的講課，並与 A. T. 卡薩特金一起，在幾年的時間內为建立“有机合成工業的过程与設備”課程而工作；這門課程的一部分自然就是“有机中間体与染料工業的过程与設備”。

現在在上述學院中講授的“有机中間体与染料工業的特殊設備”課程，在相當程度上是一个綜合性的學科，要授予同學們：(1)从工藝學的觀點出發的關於过程的扼要知識，(2)最重要的反应設備構造的敘述，(3)各反应設備的計算方法。

這樣一門課程在今天是具有特別重大意義的，因为已增長了的工業迫切要求在完全新型設備的基礎上，採用新的和連續的生產方法，而這些新型設備應該能够為各种过程的最迅速和順利進行創造条件。

在按照莫斯科門捷列夫化工學院 1939 年的教學大綱內容編寫本書時，作者从他本人与 A. T. 卡薩特金合著的“有机合成工業的过程与設備”書中採用了一部分資料。此外又採用了各設計機關，各科學研究院和在生產中的工廠所供給的資料。因为期刊上的文章幾乎都不闡明本課程所牽涉到的各种問題，所以來自期刊的資料祇佔據很小的部分。

編寫像“有机中間体与染料工業特殊設備”这样一个新課題的教科

書，还是第一次的嘗試；这使作者確信在本書中一定存在着一系列的缺點。因此對於所有發現本書中的缺點和錯誤並願意提出指示的同志們，作者將非常感激。

最後，作者認為是一种愉快的責任來向所有在不同程度上協助本書編寫工作的同志們致謝，並特別对自己的始終不渝的助手 M. A. 普朗諾夫斯卡婭工程師致謝。

A. H. 普朗諾夫斯基

1939 年 5 月於莫斯科

緒 論

任何化学工業部門的設備都可以加以系統化而分成兩類。屬於第一類的是那些指定用來進行物理过程的設備，而屬於第二類的則是那些指定用來進行化学过程或化学变化(兩者的涵义是一致的)的設備。

第二類設備統称作“反应設備”，它与第一類設備不同之點在於：具有專門性，並且對於每种指定的化学工業部門的工廠的全部設備來說，是責任最重大和最緊要的一部分。

在有机中間体和染料工業中，主要的工藝过程是：磺代，硝代，氯代，硝基化合物的还原，亞硝代，重氮化，偶氮結合，碱熔，硫化，縮合，在加压下進行的过程，与接觸催化过程。在这一工業中，用來作为反应設備的是：磺代器，氯代器，还原器以及指定用來進行上述各种过程的其他反应設備。

这些設備連同与指定用來進行如中和、鹽析以及其他等等輔助过程的設備，就是“特殊設備”課程的討論对象。由於“特殊設備”一課与“化学工業的主要过程与設備”(即化工原理——譯者註)課程總合起來後，就應該使同學們熟悉有机中間体与染料工業中的所有設備，但“主要过程与設備”課程沒有涉及物料的貯藏和衡量的問題，以及一些物料運輸上的特殊問題，故在“特殊設備”課程中又引入了補充的一章，以闡述物料的貯藏，運輸与衡量的設備(虽然可能有些打乱了總的系統性)。

除了討論各類主要反应設備的專章以外，在“特殊設備”課程中也包括一般性問題的討論：設備的材料与零件，以及反应設備的計算方法等。

必需列入这一部分的原因是由於：集合在一起討論一般性問題是

合理的，而使同學們熟悉反應設備一般計算方法也是必要的；這些，在高等化學工業學校教學計劃所規定的其他學科中都是不予以討論的。

根據上述情況，故在本書中引入了下列各章：

1. 典型的反應設備及其零件。
2. 反應設備的計算。
3. 貯藏、運輸和衡量物料的設備。
4. 磺代過程的設備。
5. 硝代過程的設備。
6. 氯代過程的設備。
7. 硝基化合物還原的設備。
8. 亞硝代、重氮化、與偶氮結合等過程的設備。
9. 熔融與烘焙（硫化）等過程的設備。
10. 縮合過程的設備。
11. 在加壓下進行的過程的設備。
12. 接觸催化過程的設備。

本課程的每一專章內均包括：為討論設備構造所必需的過程特性的扼要評述，支配各種過程中物料關係的主要規律，最重要設備的構造的研討，以及有關各種過程熱量衡算的某些問題的討論。

我們對於過程的熱效應與設備的熱量衡算給以很大的重視，因為在大多數的情況下為了要實現各種化學過程，可以造成這樣的一些條件，使在這些條件下進行這類過程的速度是由熱量的傳出或傳入的速度來決定的；因而求定反應設備所傳出或傳入的熱量，就成為計算的主要部分。

在聯共（布）第十八次代表大會的決議中，根據莫洛托夫同志的報告，曾指示在第三個斯大林五年計劃時期內，必須將生產轉變到採用先進的連續方法。這個指示應該毫無條件地在特殊設備的學習中得到貫徹。

根据這點,在相应的章節裏,而且祇要有可能,都着重指出組織連續过程的必要性,並且指出設備定型的各种方案。为了这同一个目的,亦列入那些影响設備構造的各种因素的分析,以便使學生們有可能去独立解决設備定型上的問題与批判地鑑定已存在的設備的構造。

在我們的國家內具有特殊重要意义的安全技術問題,亦應該在特殊設備的學習中得到它的反映。所以在相应的章節中都着重指出設備在保障工作安全上的構造特點。

在以下的敘述中所採用的設備的系統化与分類法完全符合伏洛茹卓夫教授所採用的过程分類法,因此也就符合學生們在“中間体与染料合成原理”一書中所熟悉的分類法。但是在特殊的情況下,由於設備構造的同一性,使我們脫离了上述分類法而將指定用於在本質上完全不同的化学过程的設備放在一起。

第一章 典型的反应設備及其零件

§ 1. 關於有机中間体及染料工業設備的一般概念

概說 任何一个化学工業部門，当然亦包括有机中間体及染料工業在內，都要利用整个系列的各种各样的設備來進行主要的与輔助的过程。这些設備被利用來進行或是一些物理过程(例如：蒸發，蒸餾，乾燥以及其他等等)，或是一些化学过程(例如：磺代，硝代，氯代以及其他等等)。

利用來進行物理过程的設備，例如：蒸發器，乾燥器，蒸餾塔，过滤器等等，幾乎在所有的化学工業部門都是一致的。在这一範疇內的設備是同學們在基礎課程“过程与設備”中所已熟悉了了的；这些設備在有机中間体与染料工業中应用得亦非常廣泛。

除了上述一般設備以外，有机中間体与染料工業还廣泛採用一些所謂特殊設備；这些設備被利用來進行一些祇为这一工業部門所專有的主要化学过程。

屬於有机中間体与染料工業的主要化学过程为：

1. 磺代；
2. 硝代；
3. 氯代；
4. 硝基化合物的还原；
5. 亞硝代，重氮化，偶氮結合；
6. 碱熔；
7. 硫代；

8. 縮合;
9. 在加壓下進行的过程(碱熔, 水解, 氨解, 烷基替代);
10. 接觸催化过程。

在工業上如果要進行任何一种主要过程, 同時就必然会牽涉到要利用一系列的輔助过程。例如: 硝代过程就必然要牽涉到硝代混酸的配製, 硝代產物与廢酸的分离过程, 硝代產物的洗滌过程和它們的成粒过程等等。

在有机中間体与染料工業中, 無論是主要过程或是輔助过程, 为了它們的实现都要求採用特殊的設備: 磺代过程的設備、硝代过程的設備、氯代过程的設備等等。这些設備, 与为了所处理的物料的貯藏、運輸和衡量而用的設備, 以及为進行物理过程而用的設備總合在一起, 就可以对有机中間体与染料工業中所採用的設備給出一个總的概念。

在遇到特殊的反应設備具有多种多样的構造与形式時, 我們就應該对那些引起这种多样性的因素進行分析, 以期能找出必須採用某些特殊構造的解釋, 並学会在組織一些新的生產時如何正確地選擇新的構造。

決定反应設備構造的因素 無論在實驗室的, 或是在工廠的規模上進行一些化学过程時, 都可以採用在特性上非常不同的各种設備。引起設備在類型上与在構造上多样性的原因是: 过程進行条件的多样性, 以及过程對設備所提出的要求的多样性。

如果對於过程向設備所提出的要求瞭解得很準確, 並且在設備的類型上亦作了準確的選擇, 那末过程就能進行得很順利並且能有很大的速度, 从而保證了設備的高度生產力。反之, 如果對於过程向設備所提出的要求瞭解得不準確, 以及選擇了不合適的設備類型, 那末过程就或是完全不能進行, 或是進行得很慢並伴隨着一系列非所期望的副反应。

在實驗室工作中, 过程進行的速度和所採用的設備的生產力常常

不起决定性的作用；所以在实验室中常常使用这样的一些设备，就是从所进行的过程向这些设备提出的要求的观点来看，它们是不完善的。但在生产的条件下，过程进行的速度与所采用的设备的生产力却起着决定性的作用；所以对于进行生产过程所用的设备的特点与构造作好选择，应该看作是在从实验室转变到生产的途径上最重要的一个步骤。

设备的构造取决于所处理的物料的特性与实现过程时的条件；这些从选择设备的观点来看，可以方便地划分为若干个别的要素，而将这些要素看作是决定设备构造的因素。最重要的因素是：

- 1) 反应物与生成物的聚集状态，和反应混合物的稠度。
- 2) 反应组份的混和强度。
- 3) 反应的温度与压力。
- 4) 热效应与传热强度。
- 5) 反应物的化学性质。
- 6) 生产过程在组织上的特点。
- 7) 每种生产过程所特有的其他因素。

让我们分别讨论每种因素，并确定每一种因素对于设备的特征与设备在构造上的特点所起的影响。

反应物与生成物的聚集状态和反应混合物的稠度 这个因素，从选择设备特征的观点来看，应该认为是最重要的，因为正是它整个决定了设备的类型。

反应组份间的互相作用在理论上与实际上可能存在的体系为：

- | | |
|------------|-----------|
| I. 气体—气体 | IV. 液体—液体 |
| II. 气体—液体 | V. 液体—固体 |
| III. 气体—固体 | VI. 固体—固体 |

在化学工业中，为了与反应组份的这些体系相应，就要利用许多类型的设备；其中对于有机中间体与染料工业最为重要的设备，概略地图示于图 1 中。