

# 新科學文庫

編纂者

(務常)士博濟道周 (編主) 授教五雲王  
士博陶希易 士博謀熙李 授教人樹楊

## 溶劑醱酵化學

郭質良 編著者

# 新 學 科 文 庫

編 纂 者

王雲五教授 (主編) 周道濟博士 (常務)  
楊樹人教授 李熙謀博士 易希陶博士

## 溶劑醱化學

郭質良 編著者

臺灣商務印書館發行

# 新科學文庫

編纂者

王雲五教授（主編） 周道濟博士（常務）

楊樹人教授 李熙謀博士 易希陶博士

## 溶劑醱化學

第一冊

版權所有 · 翻印必究

定價新臺幣三十八元

中華民國六十二年三月初版

編著者  
郭 質 良

發行者  
臺灣商務印書館股份有限公司

印刷及  
發行所  
臺北市重慶南路一段三十七號  
臺灣商務印書館股份有限公司  
登記證：內版臺業字第〇一三號

# 序

余於民國二十一年秋，本館經一二八之劫，創深痛鉅，停業復業以後，爲主編自然科學小叢書三百種，嗣以其全部納入於萬有文庫二集，期藉該文庫之普遍性，以達大衆化之目的；蓋科學足以救國，盡人而知。本館忝爲歷史最久規模最大之出版家，於此殆責無旁貸也。

三十餘年後，余在臺重主本館，先後重編重印原在上海出版之鉅籍多種；其中萬有文庫舊要，並曾納入自然科學小叢書約三十種。稍後，創編人人文庫，亦陸續選輯該叢書之較通俗者若干冊。然終覺第二次世界大戰以後，自然與應用科學兩方面均有長足之進步，其領域亦日新而月異。僅將三十年前編印之自然科學圖籍重新校印，不足以饜國人之需求也。自今歲始，廣搜歐美新編印之自然與應用科學小冊，足以發揚新科學者，先後將美國通俗科學作家 Isaac Asimov 教授主撰之 *The New Intelligent Man's Guide to Science* 十餘專題，及 Bruce F. Kingsbury 主編之 *Science Study Series* 文庫五十餘小冊；以其內容皆闡明戰後新科學，而通俗易曉之故。經即延攬李熙謀、易希陶兩博士，分別就物理科學與生物科學慎選專家從事譯校，同時組織新科學文庫編纂委員會，除李、易二君外，並由本館編審委員會同人楊樹人、周道濟二君與余共同參加。每次舉行編纂

會議，對於譯校之人選，編印之體例，咸三注意焉。第一期譯印之書，以六十種爲目標，擬於民國五十九年六月以前陸續出版。

本文庫取材方面，除以上述兩種集刊文庫爲基礎外，更廣求歐美新刊名著性質相類者，相繼譯印。其原入自然科學小叢書諸書，具有恒久價值者，經詳加校訂後，亦得加入。又其他新著譯加入者，首推留美學人蕭之的教授所譯之紅的巨人與白的矮子，成爲本文庫前期出版之一書。第一期六十種出版後，每星期內擬續出一冊，期於二三年內使新科學文庫達成二百種之數，則於新自然科學與應用科學各重要論題，大體具備矣。

我國留外學人及研究人士，以專攻自然及應用科學者爲多，除能以其合乎本文庫之著作加入外，如就接觸所及，認爲適當之西文原著隨時推薦於本館，以供譯印，亦同受歡迎。又國內教授及研究生，對於新科學之著作漸多，能惠予加入於本文庫，固同拜嘉賜也。

茲當本文庫開始印行之時，謹述經過，並對海內外學術界，致其深切之期望。

中華民國五十八年十月三日王雲五識

## 序

溶劑種類甚多，能用醱酵方法製產者，約近 40 % 種之譜，其中以正丁醇與丙酮，最為重要。

正丁醇係一種優良溶劑，用途至廣，在戰時，可供製造航空用高級燃料，在平時，可用爲人造橡膠、噴漆等之原料，且製產本品時，尚有另一種優良溶劑，名爲丙酮，隨之產生。第一次世界大戰時，英美同盟國，因擁有製造丁醇之設備，積極生產丙酮，供製無烟火藥，致軍火無缺；停戰後，又因擁有此項設備，大量增產丁醇，復執溶劑化工界之牛耳。台灣省之丁醇製造，在日據時代，亦曾盛極一時，其設備雄偉，規模宏巨，廠所衆多，產量龐大，號稱遠東第一，第二次世界大戰，日本曾賴以支持對抗盟軍，達數年之久。

現雖科學進步，合成法日趨發達，而全世界正丁醇之總產量中，應用醱酵方法生產者，仍佔有 20 % 之巨，其生產品直接或間接用於噴漆溶劑，約達 70 %，主要經由乙酸丁酯，及酞酸二丁酯。

至於利用醱酵方法生產之丙酮，在總產量中，雖佔極小比例，僅約 3 %，而其主要用途，亦爲一種優良溶劑，特於硝化纖維素及乙烯樹脂等爲然，而於電子工業中，尤爲一種不可或缺之清淨及乾燥劑，前途正方興未艾。

然而此等有關資料，每失之殘缺不全，實際上，世上所發表之有關研究報告，率多片段，甚少系統可循，抑且浩如瀚海，令人無從利用，即欲有所保存，以備將來研究發展之所需，亦以散佚各處，收集不易，甚而時間金錢，兩有不許；而此項有系統之專書，國外既少出版，國內尤未一見，是以有關溶劑醱酵化學新資料之有系統介紹，或輯成專書發行，在當前實有其迫切需要。

筆者不敏，廁身醱酵化學工作，垂卅餘年，每遇機緣，即搜集有關各項資料，曾先後數次專程馳赴各地大學及軍公研究機構圖書館，參閱中、日、美、英、德等雜誌，將有關溶劑醱酵者，擇尤撮譯，彙集成篇，第一次參閱中外雜誌凡 28 種，計 674 卷，都 6,058 冊，共得文獻 259 篇，第二次 27 種，又得有關文獻 180 篇，題名為：“五十年來溶劑醱酵研究文獻提要”(一)(二)，分別發表於台灣糖業季刊第三卷第一及第二兩期，旋即以該項資料為基礎，復瀏覽有關書誌，如：Berghauer: Gärungsschemisches Praktikum; Prescott, Dunn: Industrial Microbiology; 大谷義夫：最新醱酵工業；以及台灣糖業公司出版之糖業手冊等多種；從事做系統之整理，編輯本書，歷時連續達十餘年之久；內容偏重化學與實用，不談理論，並述及在現代醱酵操作過程中：有關菌種之選育方法，原料之處理手續，製造之管理程序，醱酵中之各種化學變化，與夫成品之分析與檢定，以及其主要用途等。全書計分六章，都十餘萬言。

本書之編輯，在求系統之介紹，並以較新資料為主，期

能趕上時代，敘述務希淺明，文字力求簡潔，條理充實，分析清晰，各種有關圖表，儘量簡化，並加以中文註釋，數字力求完整與正確，其有可疑，寧缺不濫；可供大專院校及工商農職，授課教材，而對於從事醱酵化學之人員，尤爲不可多得之一種實用參考書，對於有興趣從事新興工業之大企業家，或工業家，亦有助益；抑且將來一旦國際風雲險惡，台灣有需要在短期內，能完成大量生產溶劑之措施時，尤爲各酒精廠現有設備進行改裝製造之張本。惟以輯就歷時較久，部份資料或形落伍，遺誤之處，亦所難免，幸醱酵化學先進，有以教之。

郭 質 良      識於台灣省台北縣  
民國六十一年六月

## 編 輯 凡 例

一、本書之編輯，以供從事醱酵化學工業人員參考，及大專院校，農工商職等校授課為目的。

二、本書取材來自中外雜誌計凡五十五種，摘要撮譯為基礎，並參閱有關書誌多種，彙編而成。

三、本書內容：偏重化學與實用，對於現代醱酵操作中，有關菌種之選育，原料之處理，醱酵之管制，生化學之變化，以及成品之分析與檢定等，尤做重點之介紹，至於有關各項設備與其應用技術方法等，因限於範圍，不加討論。

四、本書各項有時間性之資料，儘量採用較新者，各專家多年研究心得，亦簡略採入，以期能引起讀者興趣。

五、本書所採用之譯名，悉依教育部公布國立編譯館編訂之各種有關名詞為準，其近代化學方面，則參考現代化學名詞術語大辭典（民59年12月版）。

六、本書各種度量衡單位，儘量採用萬國公制，各種名詞，皆根據經濟部中央標準局所頒定者。

七、本書採用之符號，如： $^{\circ}\text{C}$ 、 $\%$ 等，悉依慣例。

八、本書人名、地名，為簡明起見，均採用習用譯名，或逕用原文。

九、本書中凡第一次引用之特譯名詞，均附有原文，並

部分分別提出，列爲索引，刊於書後，以便於檢查對照。

十、本書中圖表內數字，一律採用阿拉伯字碼，以求簡明，並儘量以中文註釋，俾期實用。至其編號，均採一貫制，表號以中文數字標明，列於表前，圖號以阿拉伯字碼標明，位於圖下。

# 溶劑醱酵化學

## 目 錄

|                |    |
|----------------|----|
| 第一章 醱酵製造.....  | 1  |
| 一、引言.....      | 1  |
| 二、發達史.....     | 1  |
| 三、主原料.....     | 6  |
| 1. 澱粉質.....    | 7  |
| 2. 糖質.....     | 9  |
| 3. 纖維質.....    | 16 |
| 四、副原料.....     | 21 |
| 1. 有機性副原料..... | 22 |
| 2. 無機性副原料..... | 27 |
| 五、製造工程.....    | 27 |
| 1. 育種.....     | 29 |
| 2. 原料處理.....   | 33 |
| 3. 醱酵.....     | 34 |
| 4. 蒸餾.....     | 39 |
| 5. 製造費用.....   | 40 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 六、醱酵氣體及蒸餾廢醪之利用.....             | 42 |
| 1 醱酵氣體.....                     | 42 |
| 2 蒸餾廢醪.....                     | 44 |
| 3 菌體.....                       | 47 |
| 4 醱酵殘液.....                     | 47 |
| 七、細菌之酸敗作用.....                  | 48 |
| 1 酸敗菌類.....                     | 48 |
| 2 檢定方法.....                     | 49 |
| 3 酸敗菌之預防.....                   | 50 |
| 4 救治法.....                      | 50 |
| 5 溶菌素 ( Bacteriophage ).....    | 50 |
| 第二章 溶劑蒸餾.....                   | 52 |
| 一、引言.....                       | 52 |
| 二、溶劑之物理性質.....                  | 52 |
| 三、溶劑之共沸現象.....                  | 58 |
| 四、溶劑對水之溶解度 ( Solubility ) ..... | 64 |
| 1 丁醇與水之相互溶解度.....               | 64 |
| 2 丁醇與水不純時之相互溶解度.....            | 67 |
| 五、溶劑之蒸餾裝置.....                  | 68 |
| 1 第一型式.....                     | 69 |
| 2 第二型式.....                     | 72 |
| 六、蒸餾裝置之能力問題.....                | 73 |
| 七、溶劑蒸餾之平衡與其操作管制.....            | 74 |
| 1 溶劑蒸餾之平衡.....                  | 74 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 2 蒸餾操作之管制.....           | 78  |
| 八、酒精工場之改裝.....           | 80  |
| 第三章 生化學.....             | 83  |
| 一、引言.....                | 83  |
| 二、溶劑醱酵之性質.....           | 83  |
| 1 酸性曲線之特異性.....          | 83  |
| 2 氣體曲線.....              | 85  |
| 3 脫酸性能.....              | 86  |
| 三、中性物質之生產.....           | 87  |
| 四、酸性物質之形成.....           | 90  |
| 1 揮發性酸.....              | 91  |
| 2 不揮發性酸.....             | 93  |
| 五、醱酵氣體之逸出.....           | 94  |
| 六、中間產物之轉變.....           | 97  |
| 1 丙酮酸之分解.....            | 97  |
| 2 乙醛為轉變中心.....           | 98  |
| 3 酸類之轉變.....             | 99  |
| 4 重碳 $C^{13}$ 之研究.....   | 100 |
| 七、丁醇酮之消化.....            | 101 |
| 1 丁醇酮 (Acetoin) 之生成..... | 101 |
| 2 與溶劑之關係.....            | 102 |
| 3 醱酵條件之影響.....           | 103 |
| 4 溫度之影響.....             | 103 |
| 5 丁醇酮之消失.....            | 106 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 八、含氮化合物之代謝.....   | 106 |
| 1. 有機氮素之分解性.....  | 106 |
| 2. 無機氮素之利用性.....  | 109 |
| 九、蛋白質之適用量.....    | 110 |
| 1. 蛋白質之需要.....    | 110 |
| 2. 蛋白質之供給量.....   | 111 |
| 3. 氮素源與溶劑之關係..... | 113 |
| 十、促進劑之必要性.....    | 115 |
| 十一、主要產物之極限.....   | 117 |
| 1. 丁醇之極量.....     | 117 |
| 2. 丙酮之極量.....     | 118 |
| 十二、酸類之毒害作用.....   | 118 |
| 十三、可酸酵性醣之酸酵.....  | 120 |
| 1. 單醣類之酸酵.....    | 120 |
| 2. 複醣類之酸酵.....    | 121 |
| 3. 溶劑生產.....      | 122 |
| 十四、酸酵之化學變化.....   | 124 |
| 1. 水解作用.....      | 124 |
| 2. 氧化作用.....      | 124 |
| 3. 聚合作用.....      | 125 |
| 4. 脫水作用.....      | 125 |
| 5. 脫羧作用.....      | 125 |
| 6. 還原作用.....      | 126 |
| 第四章 酸酵菌.....      | 128 |

|           |     |
|-----------|-----|
| 一、引言      | 128 |
| 二、簡史      | 128 |
| 三、分布      | 131 |
| 1. 穀類     | 131 |
| 2. 球根類    | 131 |
| 3. 土壤類    | 131 |
| 4. 其他     | 131 |
| 四、選離與馴養   | 131 |
| 1. 菌之分離   | 132 |
| 2. 菌之選擇   | 132 |
| 3. 菌之馴養   | 133 |
| 五、鏡檢特徵    | 134 |
| 1. 細胞形態   | 134 |
| 2. 孢子形態   | 135 |
| 3. 染色法    | 135 |
| 4. 運動性    | 135 |
| 5. 孢子發芽   | 135 |
| 6. 繁殖情形   | 136 |
| 六、生理通性    | 136 |
| 1. 氧氣關係   | 136 |
| 2. 液化明膠   | 136 |
| 3. 硝酸鹽還原性 | 137 |
| 4. 硫化氫之生成 | 137 |
| 5. 色素還原   | 137 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6. 不生吲哚 (Indole) .....                                                        | 137 |
| 7. 培基反應 .....                                                                 | 138 |
| 8. 繁殖溫度 .....                                                                 | 138 |
| 9. 孢子耐熱性 .....                                                                | 138 |
| 10. 碳水化合物醱酵性 .....                                                            | 138 |
| 七、分類 .....                                                                    | 139 |
| 八、各論 .....                                                                    | 141 |
| 1. <i>Bacillus butylicus</i> Fltz .....                                       | 142 |
| 2. <i>Bacillus orthobutylicus</i> Grinbert .....                              | 143 |
| 3. <i>Clostridium butylicum</i> (Bejerinck)<br>Donker .....                   | 143 |
| 4. <i>Bacillus macerans</i> .....                                             | 144 |
| 5. <i>Clostridium acetobutylicum</i> Weizmann .....                           | 145 |
| 6. <i>Bacillus acetoethylicum</i> (B. acetoethylicus<br>Northrop et al) ..... | 145 |
| 7. <i>Bacillus butylicus</i> BF (Boinot-Firmin) .....                         | 147 |
| 8. <i>Clostridium acetobutylicum</i> No. 1 .....                              | 147 |
| 9. <i>Bacillus butylaceticum</i> .....                                        | 148 |
| 10. <i>Bacillus technicus</i> .....                                           | 148 |
| 11. <i>Bacillus butyloacetonicus</i> okada .....                              | 148 |
| 12. <i>Bacillus butanoloacetioni</i> Yukawa Horie .....                       | 149 |
| 13. <i>Bacillus butyligenus</i> Muda .....                                    | 150 |
| 14. <i>Clostridium</i> ( <i>Bacillus</i> ) <i>tetrylicum</i> .....            | 151 |
| 15. <i>Bacillus felsinens</i> var <i>formosaensis</i> .....                   | 151 |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 16. <i>Bacillus acetobutanolicus</i> n. sp..... | 152 |
| 17. <i>Clostridium toanum</i> n. sp. Baba.....  | 153 |
| 第五章 分析與檢定.....                                  | 155 |
| 一、引言.....                                       | 155 |
| 二、預試.....                                       | 155 |
| 1. 滴定酸度.....                                    | 155 |
| 2. 溶劑產量.....                                    | 155 |
| 三、分析大綱.....                                     | 156 |
| 1. 溶劑餾液之製取.....                                 | 156 |
| 2. 酸類餾液之製取.....                                 | 156 |
| 四、單相檢定.....                                     | 157 |
| 1. 丙酮.....                                      | 157 |
| 2. 乙醇.....                                      | 164 |
| 3. 異丙醇.....                                     | 167 |
| 4. 丁醇.....                                      | 168 |
| 五、二相混液之分析.....                                  | 169 |
| 1. 乙醛丙酮之混合.....                                 | 170 |
| 2. 丙酮乙醇之混合.....                                 | 170 |
| 3. 丙酮異丙醇之混合.....                                | 172 |
| 4. 乙醇異丙醇之混合.....                                | 173 |
| 5. 乙醇丁醇之混合.....                                 | 174 |
| 六、三相混液之分析.....                                  | 179 |
| 1. 丙酮、乙醇、丁醇之混合.....                             | 179 |
| 2. 丙酮、異丙醇、乙醇之混合.....                            | 183 |