

高等学校試用教材

发酵生产设备

無錫輕工业学院 編

中国財政經濟出版社

高等学校試用教材
發 酵 生 产 設 备
無錫輕工業学院編

中国財政經濟出版社出版
(北京永安路 18 号)
北京市書刊出版業營業許可証出字第 111 号
北京市印刷一厂印刷
新华書店科技發行所發行
各地新华書店經售

850×1168 毫米 1/32 · 14²²/₃₃ 印張 · 6 插頁 · 375 千字

1961 年 10 月第 1 版

1961 年 10 月北京第 1 次印刷

印数: 1—1,100 定价: (10)2.10 元

統一書号: 15165·004

高等学校試用教材

發 酵 生 产 設 备

無錫輕工業学院編

中国財政經濟出版社

1961年·北 京

前 言

本書是根据 1961 年 3 月輕工業部召开的高等院校專業教材會議的決定，由無錫輕工業學院主持選編的。華南化工學院、北京輕工業學院、河北輕工業學院、沈陽輕工業學院等也參加討論了本書的提綱；主要執筆人是無錫輕工業學院王鴻祺、倫世儀等同志。

本書的編寫，主要參考了波波夫、杜布羅謝多夫、斯塔勃尼柯夫、安得烈夫合著的“發酵生產技術裝備”一書。

本書的教學時數為 54 至 65 學時，輕工業高等院校發酵工學專業四、五年制的可以通用，專修科借用時，宜做必要的刪減。

本書經輕工業部教材編審委員會組織有關人員校閱過，可以作為輕工業高等學校試用教材。

目 录

緒論	(9)
第一章 原料預处理的机械設備	(11)
第一节 谷物清理和分級的机械設備	(11)
一、毛谷篩	(13)
二、精选机	(22)
三、磁性除鉄器	(31)
四、圓筒分級篩	(32)
五、联合机	(34)
六、自动秤	(37)
第二节 酒精生产常用原料的处理設備	(41)
一、錘式粉碎机的構造及作用原理	(42)
二、錘式粉碎机生产能力的計算	(45)
三、錘式粉碎机的功率計算	(46)
第二章 發芽和制麴的生产設備	(48)
第一节 發芽設備	(48)
一、發芽的目的和要求	(48)
二、發芽設備流程	(49)
三、浸漬設備	(50)
四、浸漬設備的計算	(52)
五、地板發芽	(57)
六、通風發芽	(60)
七、通風發芽的热量和空气消耗	(78)
第二节 制麴設備	(83)
一、麴法糖化的优点	(83)
二、表面培养制麴——固体麴的生产	(83)
三、深層培养制麴——液体麴的生产	(86)
第三节 發芽和制麴过程的空气調节方法及設備	(90)
一、空气調节的意义	(90)

二、空气和水相接触时空气状态的各种变化	(91)
三、空气加热的方法	(92)
四、空气的增湿过程	(94)
五、空气的减湿过程	(100)
六、喷淋冷却用水的来源	(104)
七、空气的清淨除尘	(104)

第四节 麦芽干燥设备 (120)

一、干燥目的和干燥要领	(120)
二、麦芽干燥塔的类型	(120)
三、麦芽干燥塔的部件	(128)
四、麦芽干燥塔的计算	(133)

第五节 麦芽加工设备 (138)

一、麦芽加工的目的	(138)
二、麦芽除根机	(138)
三、麦芽清刷机	(140)
四、干燥啤酒麦芽的磨碎	(142)
五、綠麦芽的磨碎	(148)

第三章 酒精和丙酮丁醇生产设备 (151)

第一节 淀粉質原料酒精生产设备流程 (151)

一、間歇生产流程	(151)
二、半連續生产流程	(151)

第二节 三段蒸煮和間歇蒸煮设备 (155)

一、預煮器	(155)
二、蒸煮器	(158)
三、后熟器	(170)

第三节 兩段糖化和糖化輔助设备 (174)

一、初步糖化器	(174)
二、二次糖化器	(180)
三、兩段糖化的輔助设备	(180)

第四节 蒸煮、糖化和冷却过程的連續化 (185)

一、酒精工厂的連續蒸煮流程	(186)
---------------	-------

二、丙酮丁醇原料的連續蒸餾和噴淋冷却	(190)
三、連續蒸餾和冷却設備的計算和討論	(192)
四、連續蒸餾的輔助設備	(209)
五、連續蒸餾、糖化过程的自动調节	(213)
第五节 水解設備	(215)
一、水解器的構造	(215)
二、水解液中和、淨化及冷却設備	(220)
三、水解糖化醪的發酵槽	(227)
第六节 發酵和酒母生产設備	(228)
一、發酵槽	(228)
二、酒母槽	(237)
三、廢糖蜜和淀粉質原料的連續發酵	(239)
四、丙酮丁醇种母和發酵設備的要求	(244)
第七节 蒸餾器、水解器和發酵槽的强度計算	(246)
一、基本方程式	(246)
二、圓筒壳体的計算	(248)
三、球体、半球形和橢圓形的底盖	(249)
四、拱形盖	(250)
五、圓錐体和圓錐形底盖	(251)
六、平板盖	(253)
七、液体靜压时圓錐体的計算	(254)
八、液体靜压时圓筒錐形底的計算	(255)
第八节 蒸餾設備	(257)
一、初餾酒精的蒸餾設備	(257)
二、酒精精餾設備	(283)
三、丙酮丁醇蒸餾設備	(295)
四、几种新型的蒸餾設備	(297)
第四章 啤酒生产設備	(299)
第一节 啤酒生产設備流程	(299)
第二节 糖化設備	(302)
一、糖化槽、糊化鍋及麦芽汁濃縮鍋	(304)

二、糖化醪過濾設備.....	(312)
三、糖化車間的热量消耗及二次蒸汽的合理利用.....	(321)
第三节 麦芽汁冷却設備.....	(330)
一、冷却盘.....	(331)
二、冷却澄清槽(蛋白質沉淀槽).....	(331)
三、噴淋式冷却器.....	(332)
四、薄板換热器.....	(336)
第四节 發酵設備.....	(342)
一、發酵槽及后發酵槽的構造.....	(343)
二、發酵槽及后發酵槽的計算.....	(345)
第五节 啤酒過濾設備.....	(349)
一、啤酒泵.....	(349)
二、啤酒過濾机.....	(352)
第六节 啤酒裝瓶設備.....	(355)
一、洗瓶机.....	(355)
二、啤酒自动裝瓶机.....	(361)
三、压盖机.....	(378)
四、杀菌机.....	(382)
五、自动貼商标机.....	(383)
第七节 啤酒工厂制冷設備的选择.....	(385)
第五章 酵母生产設備.....	(389)
第一节 廢糖蜜澄清槽.....	(391)
第二节 酵母繁殖槽.....	(394)
一、酵母繁殖槽的構造.....	(394)
二、酵母槽的空气分配系統.....	(396)
三、酵母繁殖槽的計算.....	(401)
第三节 酵母分离設備.....	(405)
一、酵母离心濃縮机.....	(405)
二、酵母压榨机.....	(411)
第四节 酵母干燥設備.....	(411)
一、酵母干燥塔.....	(412)

二、帶式干燥机	(412)
三、滾筒式干燥器	(413)
四、噴霧式干燥器	(415)
第五节 酵母工厂供气用鼓風机	(419)
一、魯茨鼓風机	(419)
二、透平鼓風机	(421)
第六章 設備器材的腐蝕和腐蝕的防止	(423)
第一节 腐蝕和防止腐蝕的重要意义	(423)
第二节 电化腐蝕	(423)
一、电化腐蝕机理	(423)
二、極化作用和去極化作用	(425)
三、腐蝕电池的圖解分析	(428)
四、腐蝕量的計算	(429)
五、金屬的鈍性	(430)
六、环境因素对腐蝕的影响	(432)
第三节 化学腐蝕、气体腐蝕和地下腐蝕	(435)
一、非电解质腐蝕	(435)
二、氧化膜	(435)
三、气体腐蝕	(435)
四、地下和土壤腐蝕	(436)
第四节 腐蝕的防止	(437)
一、电化防腐	(437)
二、加緩冲剂的防腐法	(441)
三、金屬保护层	(441)
第五节 金屬和非金屬材料	(441)
一、金屬材料	(441)
二、非金屬材料	(443)
第七章 發酵工厂管路	(450)
第一节 常用管子	(450)
一、鑄鉄管	(450)
二、水煤气管	(450)

三、無縫鋼管.....	(451)
四、紫銅管与黃銅管.....	(452)
五、非金屬管.....	(452)
第二节 閥件	(454)
一、旋塞(考克).....	(454)
二、閘門閥.....	(455)
三、球心閥.....	(455)
四、隔膜閥.....	(457)
五、止逆閥.....	(458)
六、安全閥.....	(459)
七、減压閥.....	(460)
第三节 管路的联接和管件	(463)
一、承插式联接.....	(463)
二、螺紋联接.....	(464)
三、管接盘联接.....	(465)
四、發酵工厂管路联接的特殊要求.....	(466)
附录	(469)

緒 論

我国發酵工業有着悠久的历史，产品的色、香、味也是具有特殊風格的。但在反动統治时期，与其它国民經济部門一样，發酵工業的發展受到了很大限制，如所使用的設備長期以来很少有改进，一般是机械化程度低，工人体力劳动繁重，劳动条件很差。在几个沿海城市中，虽有机械化程度較高的酒精工厂和啤酒工厂，但大都是帝国主义向我国人民榨取超額利潤的工具。在那种情况下，对于發酵設備的研究，很少系統地进行，更沒有这方面的專門設計機構和学校；偶而需要制造个别設備，也只是簡單抄襲外国的，根本談不上設備的合理設計。

解放以来，随着社会主义經济的不断高漲和人民生活水平的不断提高，發酵工業也得到了迅速的發展。为了适应發酵工業迅速發展的需要，我国相繼設立了發酵設備的研究和設計機構，高等院校的發酵工學專業亦將發酵生產設備課程列入教育計劃。發酵方面的研究和設計機構、高等院校及有关工厂在技术革新和技术革命运动中通力协作，大力地进行了設備的研究和試制工作，使我国發酵工業的設備面貌發生了显著变化。近年来我国已先后出現了生产过程連續化的丙酮丁醇工厂，基本連續化的酒精工厂，制糖过程及固体發酵制白酒过程的机械化程度也有显著提高。在中小型簡易設備的研究方面也取得了显著成績，如已經建成了用簡易設備裝备起来的生产过程連續化的丙酮丁醇工厂，以及只需半吨鋼材的年产500吨的小型啤酒工厂等。所有这些成績，都是在党的鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义总路綫的光輝照耀下取得的。

在高等院校發酵工學專業中設置這門課程的目的，主要是使學生掌握發酵生产过程主要設備的作用原理、設計原理和設計方法，从而使學生具有在实际工作中探討新設備和合理設計新設備

的初步的獨立工作能力。

發酵設備在結構上應力求清洗方便，殺菌徹底，以防止雜菌污染。除此之外，在設計新設備時應力求做到：

- 1) 材料易得而節省；
- 2) 結構簡單，造型緊湊；
- 3) 易于加工、裝配，并易于檢修和維護；
- 4) 耐腐蝕，耐磨損，使用年限長；
- 5) 效率高，產量大；
- 6) 零件部件的規格符合國家規定的標準，以便易于換新；
- 7) 管理方便，費用低廉。

但在多數情況下，一個設備的設計，往往不能使上述各項要求得到同等程度的滿足。在這種情況下，必須注意到使先進的技術水平與經濟上的合理性統一起來。要做好發酵生產設備的設計工作，還必須具有比較廣博的技術基礎知識。“金屬工藝學”、“工程力學”、“機械零件”等課程是了解機器設備的動作原理、強度計算和分析其結構的基礎知識；“化工過程與設備”則是設計發酵工業工藝流程和決定設備型式的重要理論基礎，都應認真學習。

發酵工業的範圍很廣，所用設備的型式尤其繁多，很難在一本書中全部列舉出來；而從教學的角度看來，過多的羅列各項具體設備也是不必要的。這是因為發酵工業的各種工藝流程與設備多有相似之處，只要舉出具有代表性的，就可以達到舉一反三的目的了。

第一章 原料預处理的机械設備

第一节 谷物清理和分級的机械設備

谷物清理除杂、去壳、分級的意义：谷物在入倉之前即需进行清淨处理。在生产过程的每一阶段，清淨除杂工作仍在随时进行，故清淨除杂工作是逐步完成反复进行的。

原料的預处理，对于發芽的谷物原料要求尤高。因破碎的大麦在浸漬、發芽阶段易生霉菌；顆粒大小不一，則發芽进行不均匀。故除杂之外，尚須求其顆粒一样。这样就不但要經過清淨除杂，还要进行分級精选。

酒精生产用原料不仅需除去外界杂质和灰塵，最重要的是原料的粉碎。

分离机器主要是用篩子析去粗杂质和砂石，至于灰塵和輕杂质，則用鼓風机配合加以分离。篩析和風析往往須連續进行数次，方可收到一定效果。此操作过程非常重要，因杂质將阻塞运输設備以及其它設備机构。例如砂子对蒸煮器下部磨損甚速，且堵塞管路及管件和閥門等。在篩析之后应加設磁性分离器，因原料中很易混入鉄釘、金屬片等，对于粉碎机和它設備都有很大的危害。

預处理谷物时，如欲得較整齐的純粒，在篩析之外，尚須利用精选机，以除去圓形杂粒和破碎谷粒。

在啤酒生产中以大麦作为主要原料。故本节中也以大麦發芽前的預处理设备为对象。这对其它谷物原料的預处理也有指导意义。

圖 1-1 是用于麦芽生产的清淨和分級的技术設備流程。

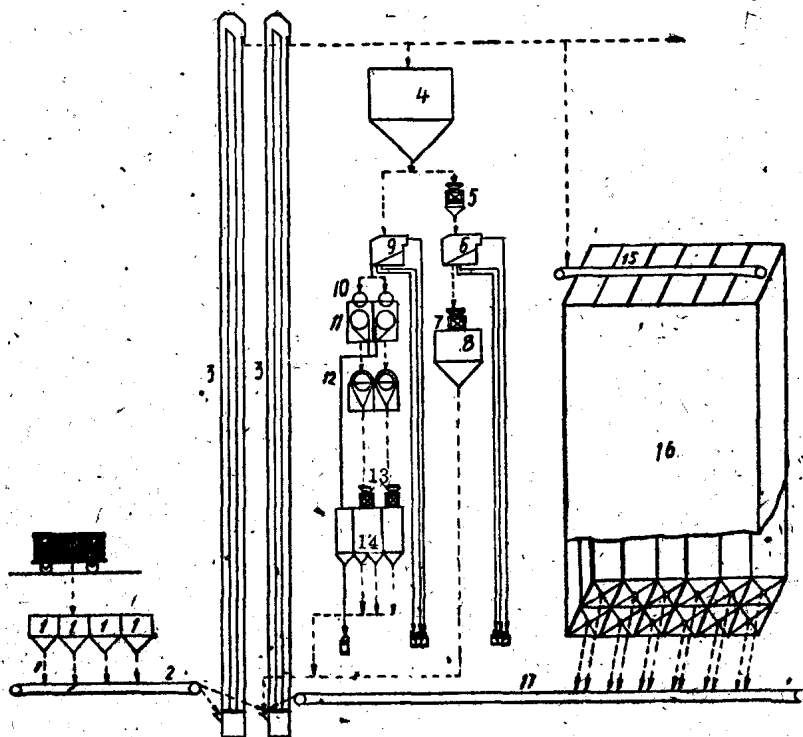


圖 1-1 大麦清淨和分級的技术設備流程

从大麦进厂到送入倉庫的流程:

- 1—接受料斗, 2—帶式运输机, 3—斗式运输机, 4—中間料斗,
5—自动称, 6—毛谷篩, 7—自动称, 8—中間料斗,
15—帶式运输机, 16—倉庫。

由倉庫起二次清淨和分級的流程:

- 16—倉庫, 17—帶式运输机, 3—斗式运输机, 9—毛谷篩, 10—磁性分
离器, 11—精选机, 12—分級篩, 13—自动称, 14—已分級的貯存斗,
3—斗式运输机。

通風防止霉爛的流程:

- 16—倉庫, 17—帶式运输机, 3—斗式运输机,
15—帶式运输机, 16—倉庫。

一、毛 谷 篩

(一) 篩的类型

以篩孔形式分类 { 圓眼篩;
長眼篩;
織成的方眼篩。

以篩本身形式分类 { 平篩, 通用于清淨除杂 (毛谷篩中);
圓筒篩, 广用于大麥的分級。

以制造方法分类 { 冲制, 用 t_s 鋼板;
編織 (方眼), 用于粗篩。

篩的活性系数, 篩的生产能力的大小决定于篩孔总面积 (称为活性面积)。篩孔总面积与篩的总面积之比称活性系数。冲制篩的活性系数約为 50%, 編織篩可达 70%。

冲制篩孔时必须考虑到篩孔尺寸和篩板厚度之間的关系, 冲力必須小于冲具材料的抗压極限。

$$\text{即} \quad T_s \pi d h \sigma_s \frac{\pi d^2}{4} \quad (1-1)$$

式中: T_s ——鋼板的剪应力極限[公斤/厘米²];

σ_s ——冲具材料的抗压極限[公斤/厘米²];

d ——篩孔直徑[厘米];

h ——鋼板厚度[厘米]。

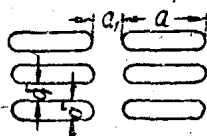
由式(1-1)得:

$$\frac{4T_s}{\sigma_s} \leq \frac{d}{h} \quad (1-2)$$

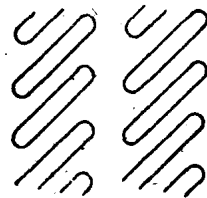
此式說明当 $\frac{\text{鋼板剪应力極限}}{\text{冲鋼压应力極限}} \approx \frac{1}{2}$ 时, 則鋼板厚度 h 与孔徑 d

之关系应为 $h \leq d$ 。

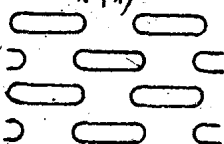
篩孔的分布不仅影响篩的活性面积, 且影响篩的强度。粗篩孔最好取等边三角形排列, 这样, 既保证了篩孔的平均分布, 又



直形



斜形



蹣跚

有了較大的活性面。

長形篩孔用下列方法排列：直形因鋼板在縱橫方向都是連續的，故強度較大。蹣跚者程度較差。斜形者則因製造困難不常用。

(二) 平篩的操作原理及其計算

所謂平篩并非水平，而是按一定斜度

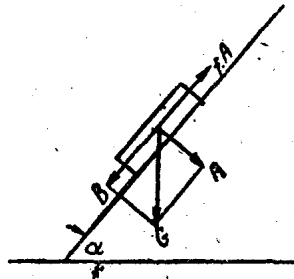


圖 1-2 靜置平篩示意圖

安裝的。

1. 靜置平篩 (圖 1-2)

在傾斜平篩上的谷物其重量 G 可分為 A 、 B 兩個分力。

$$A = G \cos \alpha$$

$$B = G \sin \alpha$$

式中： A ——顆粒對斜面垂直的壓力；

B ——沿斜面向下滑動的力。

顆粒能否滑下，決定於摩擦力 T ，並與篩面的傾斜角度有關。

$$\text{摩擦力 } T = fA \quad (1-3)$$

式中： f ——摩擦係數。

$$\therefore A = G \cos \alpha$$

$$\therefore T = fG \cos \alpha \quad (1-4)$$

如果摩擦力 $T = B$ ，即 $T = G \sin \alpha$

則顆粒靜止于斜面不動，此時下列關係成立：

$$G \sin \alpha = f G \cos \alpha$$

$$f = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha \quad (1-5)$$

此時 α 角的度數使物料剛好靜止，故特稱為靜止角或摩擦角，而以符號 φ 代替 α 。

即
$$f = \tan \varphi = \frac{B}{A}$$

因此，當 $\alpha > \varphi$ 時則物料滑力超過摩擦力而向下滑動，當 $\alpha \leq \varphi$ 時，則物料靜止。這種平篩的安裝要保證 $\alpha > \varphi$ ，使物料可以自動下滑。

實際上靜止篩除特別的粗篩外不常用，而常用者為運動平篩。

2. 運動平篩

篩振動時，穀物在傾斜篩面上的運動，除重力之外，尚有慣性力作用，如圖 1-3。

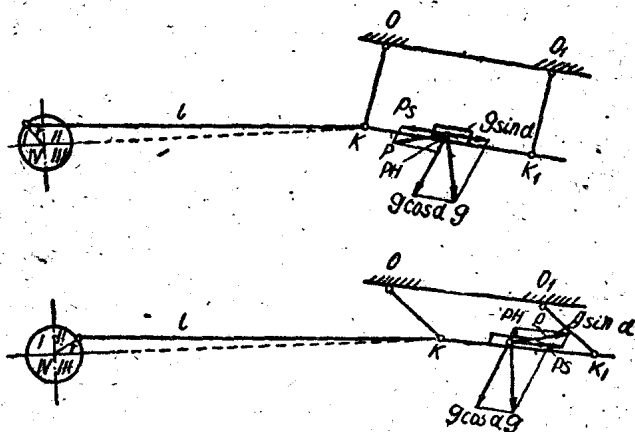


圖 1-3 谷粒沿平篩斜面運動情況

傾斜篩 KK_1 用曲柄連杆機構使之振動，此種情況下傾斜角 α 在運動中保持不變。當連杆長度與曲柄長度之比很大時，則下