

高等学校教学用书

化学生产机器及设备

下 册

苏联专家 A. Д. 杜馬什涅夫 編著

大連工学院化学生产机器及设备教研室 譯

化学工业出版社

81.18
259
2:13

高等学校教学用书

化学生产机器及设备

下 册

苏联专家 A. Д. 杜 馬 什 涅 夫 編著
大連工学院化学生产机器及设备教研室 譯

3k238/25

化学工业出版社

本書是根据苏联專家 A. Д. 杜馬什涅夫 (莫斯科化工机械制造学院技术科学副博士、副教授) 在大連工学院講學期間所編著的講義翻譯整理而成的。

這是一本以“化学生产机器及設備”为名的專門書籍。全書共十二章分上下兩册出版。上册內容包括容器、反应
器、热交換器、蒸發器、塔設備、迴轉圓筒設備等化学生产上常見的、典型的單元設備，对設計設備的要求、材料
的選擇、設備的試驗及檢驗等作了精辟的介紹。下册內容为過濾設備、离心設備、供固体物料粉碎用的設備等各种
类型的單元設備和机器，及各种設備所需功率消耗的計算和另件的構造等。

本書是化学生产机器及設備專業的教学用書，同时也是工程技术界及設計人員的良好参考材料。

本書初稿由大連工学院陈奕儉同志翻譯，其中有一部分系由浙江大学、华东化工学院、成都工学院、天津大
学、华南工学院等校进修教师校、譯。因原稿有若干部分經專家改寫，在征得專家同意后，第二次由大連工学院化
学生产机器及設備教研室林紀方、丁憲华、賀匡国、周怀忠、陈奕儉、盛展我、袁果前、赵葆慧、高崑玉、張鏡清
等同志进行譯校并稍事整理，为适合高等学校該專業之需，公开出版。

書中章节、标题、公式號碼、圖号等多系譯者所加，个别部分的內容系譯者整理，但均加有譯者註。

本書之能出版，是与 A. Д. 杜馬什涅夫專家热情的帮助和指导分不开的，謹致衷心的感謝。由于各校进修同志
共同研究原稿的內容使譯稿的質量得以提高，亦謹向他們表示感謝。

大連工学院化学生产机器及設備教研室

1957 年 1 月

高等学校教学用書
化学生产机器及設備
下 册

苏联專家 A. Д. 杜馬什涅夫 編著
大連工学院化学生产机器及設備教研室 譯
化学工業出版社(北京安定門外和平北路)出版
北京市書刊出版業營業許可証出字第 092 号
化工出版社印刷厂印刷 新华書店發行

开本: 787 × 1092 $\frac{1}{32}$	1958 年 5 月第 1 版
印張: 7 $\frac{1}{4}$	1958 年 12 月第 2 次印刷
字数: 115 千字	印数: 5023—8022
定价: (10) 1.10 元	書号: 15063·0183

下 册 目 录

第十章 过滤设备	325
第一节 概論	325
第二节 过滤机尺寸的決定及工艺計算	326
1. 工业过滤方程式	326
2. 所需計算数据的确定	327
3. 过滤设备的計算	328
(1) 过滤面积与过滤时间的決定	328
(2) 滤渣層的干燥	331
(3) 滤餅的洗滌	333
(4) 真空連續式过滤机所需功率的決定	336
第三节 連續式过滤机的主要型式	337
1. 真空連續过滤机	337
2. 加壓連續过滤机	344
第四节 轉筒真空过滤机主要部件的結構与設計	345
1. 轉筒	345
2. 分腔关	347
第五节 关于真空过滤机的运轉与安裝之注意事項	353
第十一章 离心分离设备	355
第一节 概論	355
第二节 人工操縱式离心机	359
1. 外壳刚性固定的立式离心机	360
2. 上悬式离心机	361
3. 自动卸料式离心机	363
第三节 自动离心机	364
1. 刮刀卸料式离心机	364
2. 脉动卸料式离心机	368
3. 螺旋运料式离心机	371
4. 离心力移动沉淀物的离心机	372
第四节 离心机的功率消耗	374
1. 間歇作用式离心机功率消耗	374
2. 間歇作用的自动离心机功率消耗	376
3. 脉动卸料式离心机的功率消耗	378
4. 螺旋卸料式离心机的功率消耗	379
5. 离心运料式离心机的功率消耗	381
第五节 离心机的零件	381
1. 轉筒	381
(1) 轉筒的机械計算	382
(2) 輪撞的近似計算	383
2. 軸	384

(1) 軸的強度計算	384
(2) 軸的臨界轉速、剛性軸及撓性軸	385
(3) 轉子的平衡	388
3. 离心机的輔助裝置	391
第六节 高速离心机	391
1. 管式高速离心机	392
2. 分离机	392
3. 超高速离心机	394
第七节 离心机的運轉	395
第十二章 供固体物料粉碎用的設備	397
第一节 概論	397
第二节 顎式破碎机	402
1. 顎式破碎机的分类	402
2. 顎式破碎机的構造	406
3. 顎式破碎机軸的最适宜轉數	406
4. 顎式破碎机的生产能力	407
5. 顎式破碎机所需的功率	407
6. 最大內力的決定	408
7. 顎式破碎机的优缺点及使用范围	412
8. 顎式破碎机安裝与運轉中应注意的事項	412
第三节 錐式軋碎机	413
1. 錐式軋碎机的分类	414
2. 錐式軋碎机的構造	414
3. 錐式軋碎机的最适宜轉數和生产能力	416
4. 錐式軋碎机所需之功率	418
5. 錐式軋碎机的应用范围及与顎式破碎机的比較	419
6. 錐式軋碎机安裝和運轉应注意的事項	419
第四节 滾碎机	420
1. 滾碎机的構造	420
2. 滾碎机生产能力的計算	423
3. 極限轉數	424
4. 滾碎机的功率計算	424
5. 彈簧的压力	424
6. 軋輥直徑的決定	425
7. 滾碎机的应用	425
8. 滾碎机運轉中应注意的事項	425
第五节 盤磨与环滾研磨机	426
1. 盤磨	426
(1) 極限轉數	426
(2) 盤磨所需的功率	426
(3) 生产能力	426
2. 环滾研磨机	429

00010

第六节 球磨机与棒磨机	429
1. 球磨机的分类	429
2. 球磨机和棒磨机的构造	430
3. 球磨机的轉数	433
4. 圆球的大小及其所佔体积的决定	434
5. 球磨机的生产能力	435
6. 球磨机所需之功率	435
7. 球磨机的应用范围及其特性	436
8. 球磨机运转之注意事項	436
第七节 颚击式破碎机	436

第十章 過濾設備

第一节 概 論

含有固体顆粒的液体或气体非均匀混合物，使其通过多孔隔板而分离的过程称为過濾。

在過濾过程中，通过隔板后的液体被澄清而成为濾液；留在隔板上的固体層称之为濾餅。

多孔隔板可以是粒狀層料(例如砂子)，或是細網，或是織物(常称为“濾布”)，或是剛性多孔板(例如陶瓷濾板)。濾餅同样是一个良好的多孔隔板。

液体可以在重力作用下、真空下或加压下過濾。在過濾式离心机中，液体是由离心力的作用而透过多孔隔板的。過濾可以間歇地也可以連續地进行。

作为過濾产品的可以是濾餅，可以是濾液，也可以是濾餅和濾液。从濾面卸除濾餅的方法視何者为产品而定。若濾餅本身是产品，則用于法卸除；若濾液有用而濾餅本身是生产中的廢物，則濾餅可用水力卸除——即洗掉，此法比之用于法卸除濾餅在結構上是簡單得多。有时濾液与濾餅都有用，例如制碱时母液的過濾，在这种情况下，卸除濾渣必須用于法。

被過濾悬浮液的性質、多孔隔板的特征及产生压力差的方法各有不同；多孔層的性質有差異，加料、形成濾渣及卸除濾渣的方法也不相同；過濾設備運轉的間歇程度也不一律——这些都严重地影响過濾机的大小与結構型式。除此之外，由于被处理的悬浮液的腐蝕性引起采用不同特殊材料制造濾机，也給過濾机的結構帶來不可避免的影响。假使再考虑到濾渣的組織及其他許多因素，則不难理解为什么存在有各种不同类型的過濾設備。

過濾是很重要的机械过程，在化学工業中被广泛采用。

過濾过程的基本理論在“化工过程及設備”課程中講述，在这里不再重复。我們的任务在于較詳細地了解過濾設備的最基本的結構，并介紹它們的工艺計算和机械計算。

過濾悬浮液的設備通常分为兩大类：間歇式過濾机和連續式過濾机。

間歇式過濾机在工業上早已应用。它的优点是：構造簡單，价格便宜，适宜在腐蝕介質中操作，可以在高压下過濾。下列几种型式的間歇式過濾机最常采用：吸濾机，叶濾机，压濾机。

这些濾机的缺点在于本身的間歇过程和使得操作工人在繁重的劳动条件下消耗大量的体力劳动。最近开始出現了一种新的間歇式過濾机，它的繁重的工序——過濾机的卸料和濾布的再生均已机械化，但它們还没有得到普遍的推广。

在所有間歇式過濾机中，最常用的是压濾机，常用于染料及中間体工業。

連續式過濾机的出現較晚，大約是在 60 年以前。其中对真空操作的過濾机掌握与研究得特別深刻。如今，在压力下操作的連續式過濾机也出現了，但目前还很少采用。現有連續式真空過濾机的主要型式：轉筒真空過濾机、圓盤真空過濾机、平面過濾机、帶

式真空过滤机和斗式真空过滤机。由于它们的运转性能良好、生产能力高、操作过程的全部自动化、便于调节又节省劳动力，在工业中被广泛采用。

真空过滤机的缺点是：仅适用于过滤要求压力差小的悬浮液，只有当悬浮液中固相物料含量大并能保证在滤布上产生足够厚度的滤饼时才能操作。连续真空过滤机及其有关的辅助设备的价格很贵。此外，真空过滤机要经常消耗电能（主要用于抽真空）。

过滤是比较昂贵的操作过程。为了提高过滤设备的效率，事先宜将母液在沉降槽或增稠器中浓缩。

第二节 过滤机尺寸的決定及工艺計算

过滤机尺寸也同其他设备一样，要根据它的生产能力用工艺计算来决定。

1. 工业过滤方程式

过滤是很复杂的过程，与很多变数有关。滤饼本身是液流通过时的主要阻力。在操作时，滤饼的阻力是不断地、非直綫地增加；因为不仅滤饼的厚度在增加，同时由于滤渣的压缩，其孔隙也在减小。除此之外，滤饼中孔隙被悬浮液中的細颗粒所堵塞。很多变数使得正确决定过滤速度有很大的困难。

1856年，达尔西(Дарси)根据普阿捷里-哈根(Пуазейль-Хаген)定律首先尝试用解析法决定过滤速度，他的方程式如下：

$$W = \frac{1}{F} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{K \cdot p}{L \cdot \mu}, \quad (10-1)$$

式中， W ——过滤速度；

V ——滤液体积；

F ——过滤面积；

τ ——过滤时间；

K ——滤渣的渗透系数；

μ ——滤液的粘度 厘泊；

p ——压力差。

从那时起，为了决定过滤速度而提出了许多理论和计算方程式。里特、兹纳赫斯基、高也可、卡尔曼、列秉宗、斯彼里、别勒琴等人曾进行了极重大的工作。

在我们的工业实际中，在恒压下应用的过滤方程式对任何一种滤渣（不论其压缩程度如何）都是正确的。这个方程式是由卡尔曼综合了实验用过滤机的操作结果，在此基础上而引出的；它不同于其他计算方程式的是简便，并能得出合理的结果。实际证明，無論用以估計被設計設備的生产能力或对已有設備的校驗都是合用的。其方程式如下：

$$(V + V_0)^2 = \frac{2pF^2}{\mu \alpha r_0} (\tau + \tau_0), \quad (10-2)$$

式中 V ——在 τ 時間內通过的滤液的体积，分米³；

V_0 ——系統的最初阻力，單位以体积表示；

τ ——与通过的滤液体积相应的时间，分；

p ——过滤压力, 公斤/厘米²;

F ——过滤隔板的面积, 米²;

μ ——液体的粘度, 厘泊;

α ——单位体积滤液的干滤渣重, 公斤/分米³;

r_0 ——单位重量滤渣的平均过滤阻力。

卡尔曼过滤方程式的最初阻力为

$$V_0 = \frac{R_n \cdot F}{\alpha \cdot r_0}, \quad (10-3)$$

式中 R_n ——过滤隔板的比阻(单位面积上的)。

比阻和压力有关, 可以下式表示:

$$r_0 = r'_0 p^n, \quad (10-4)$$

式中 r'_0 ——当 p 等于 1 时的比阻。这个方程式中的指数 n 根据实验为 0.1~0.4。当计算时, 假定过滤隔板的面积不变, 因此, 上述方程式对决定压滤机最后阶段的过滤速度是不适合的; 因为有时滤框几乎全部被滤渣所堵塞, 液体的流动就成为困难。

2. 所需计算数据的确定

过滤隔板和滤渣层的比阻要由实验测定。在进行实验时, 尽可能正确地与工厂条件相一致。之所以必须如此是因为: 许多变数有时稍微变动会大大影响过滤机的操作, 甚至拿最简单情况, 即拿过滤悬浮液的滤渣为不可压缩的情况来看, 稍许减小被过滤颗粒的大小, 也会大大增加滤渣层的阻力, 并引起过滤机生产能力的相应降低。考虑可压缩滤渣的过滤变数影响还要困难, 而大多数碰到的滤渣是属于可压缩的, 它们的阻力是随压力的改变而改变。

用以决定过滤机尺寸所需数据的实验设备, 可以是间歇式过滤机 (其中有可能测出 r_0 与 R_n 者), 也可以是小型转筒过滤机。转筒过滤机不仅可以十分正确地测定滤布和滤渣层的阻力, 同时也可以找到最合理的过滤条件, 查明洗涤所需时间、滤饼干燥所需时间、平整滤渣层的必要性、被真空泵抽出的空气单位消耗量以及用以吹落滤饼和滤布再生的空气的单位消耗量。

在生产条件下由于某些数据可能改变而影响其他数据, 例如改变温度不仅影响母液的粘度, 同时也影响结晶的形状和大小, 从而影响滤渣层的阻力。真空过滤机及其他连续式过滤机一定要设有使其主要构件能无级(平稳)变速或分级变速的装置, 以最终选择其最合理的操作条件。

最近, 微过滤机(микрофильтр)用以快速研究悬浮液及滤渣的性质方面获得了某些推广。经过适当整理的工厂数据是计算过滤设备的最可靠的数据来源。

实验数据的整理 先用已有的实验用过滤机测定压力差为 p 时在 τ 时间内流经滤渣层的滤液体积 V 数次。

过滤面积 F 、粘度 μ 及悬浮液中干滤渣的含量 α 都假定为已知且为不变。

其次用下列方法决定滤布和滤渣阻力的大小。首先由实验找出 τ_1 时间内被滤过的

液体体积 V_1 及 τ_2 时间内被滤过的液体体积 V_2 ，此时根据前述过滤方程式可以写成：

$$(V_1 + V_0)^2 = \frac{2pF^2}{\mu\alpha r_0} (\tau_1 + \tau_0) \quad (10-5)$$

$$(V_2 + V_0)^2 = \frac{2pF^2}{\mu\alpha r_0} (\tau_2 + \tau_0) \quad (10-6)$$

$$V_0^2 = \frac{2pF^2}{\mu\alpha r_0} \tau_0 \quad (10-7)$$

然而，过滤系统的最初阻力为：

$$V_0 = \frac{R_n \cdot F}{\alpha r_0} \quad (10-8)$$

利用方程式(10-7)决定 r_0 并将其代入方程式(10-5)和(10-6)得：

$$V_1^2 + 2V_1V_0 = \frac{2pF^2}{\mu\alpha r_0} \tau_1 \quad (10-9)$$

$$V_2^2 + 2V_2V_0 = \frac{2pF^2}{\mu\alpha r_0} \tau_2 \quad (10-10)$$

将方程式(10-8)的 V_0 值代入上面最后两个方程式便得：

$$\left. \begin{aligned} \mu\alpha V_1^2 r_0 + 2\mu V_1 F R_n &= 2pF^2 \tau_1 \\ \mu\alpha V_2^2 r_0 + 2\mu V_2 F R_n &= 2pF^2 \tau_2 \end{aligned} \right\} \quad (10-11)$$

解这个联立方程式可得到 r_0 和 R_n 。阻力的计算值采用数次测定的平均值。

固体的含量用干燥几个试样至恒重的方法来决定。湿滤渣的重度按下式计算：

$$\gamma_0 = \frac{100\gamma_T \cdot \gamma}{100\gamma + (\gamma_T - \gamma)w} \text{ 公斤/分米}^3 \quad (10-12)$$

式中 γ_T ——固相的重度，公斤/分米³；

γ ——滤液的重度，公斤/分米³；

w ——滤渣的湿含量，%。

3. 过滤机的计算

(1) 过滤面积与过滤时间的决定

间歇式过滤机的计算方法与连续式过滤机的有些不同。在计算间歇式过滤机时，或者在过滤机尺寸已知的情况下求过滤台次数^①和过滤时间；或者相反地，在已知过滤时间和操作次数的情况下决定过滤机的尺寸。生产工程师时常会碰到对这些设备的验算。

现在我们来研究板框式压滤机的验算。

假使框数等于 n ，每框的体积为，

$$q_p = a \cdot b \cdot c \text{ 分米}^3 \quad (10-13)$$

则板框式压滤机的容量为

$$u = q_p \cdot n \text{ 分米}^3 \quad (10-14)$$

① 过滤台次数应理解为折算成一台过滤机的过滤次数(译者)。

每一板框的填充系数 $K=0.5\sim 0.8$ 时, 一台板框式压滤机所有的滤渣体积为

$$q=K \cdot u \quad (10-15)$$

如果湿滤渣的重量等于 $G_{\text{сл}}$, 它的重度等于 $\gamma_{\text{сл}}$, 则一次操作所得的滤渣体积为

$$q_{\text{онеп}} = \frac{G_{\text{сл}}}{\gamma_{\text{сл}}} \quad (10-16)$$

一次操作能出产 $G_{\text{сл}}$ 公斤湿滤渣(滤膏)的过滤台次数为

$$m = \frac{q_{\text{онеп}}}{q} \quad (10-17)$$

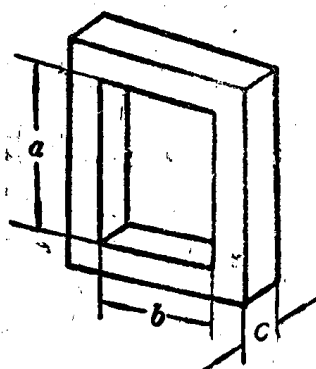


圖 10-1 滤框

我們利用下列基本方程式来决定过滤时间:

$$(V+V_0)^2 = \frac{2pF^2}{\mu \alpha r_0} (\tau + \tau_0) = K(\tau + \tau_0) \quad (10-18)$$

式中 过滤常数 $K = \frac{2pF^2}{\mu \alpha r_0}$

由此可求出过滤时间, 过滤时间等于

$$\tau = (V+V_0)^2 \frac{1}{K} - \tau_0 \quad (10-19)$$

为了得到 V_0 体积滤液所需的时间为 $\tau_0 = \frac{V_0^2}{K}$ 。

将 τ_0 代入上述方程式中得到

$$\tau = \frac{1}{K} (V^2 + 2VV_0) \quad (10-20)$$

为了决定过滤常数, 我們求出过滤面积的大小。

$$F = 2abn, \quad (10-21)$$

并求出单位体积滤液所对应的干滤渣的重量; 若一次操作的悬浮液的总体积为 $V_{\text{об}}$, 干滤渣的重量为 G_c , 则单位体积滤液所对应的干滤渣的重量等于

$$\alpha = \frac{G_c}{V_{\text{об}} - q_{\text{онеп}}} \quad (10-22)$$

从一台板框式压滤机所得的滤液体积等于

$$V = \frac{q(V_{\text{об}} - q_{\text{онеп}})}{q_{\text{онеп}}} = \frac{V_{\text{об}} - q_{\text{онеп}}}{m} \quad (10-23)$$

然后决定

$$V_0 = \frac{R_n \cdot F}{\alpha \cdot r_0} \quad (10-24)$$

将 K 、 V 和 V_0 代入求 τ 的方程式中得到过滤时间

$$\tau = \frac{1}{K} (V^2 + 2VV_0) \quad (10-25)$$

轉筒過濾機及其他真空連續式過濾機的計算有些不同。

設 Q ——在一晝夜內被處理的懸浮液體積；

x ——每立升懸浮液中干固相的含量，%；

φ ——過濾所得濾餅的濕含量，%；

γ ——濕濾渣的重度，公斤/分米³；

γ_c ——干濾渣的重度，公斤/分米³；

p ——過濾壓力，公斤/厘米²；

μ ——懸浮液的粘度，厘泊；

r_0 ——在1大氣壓下濾渣的比阻；

R_n ——單位面積過濾隔板的阻力；

δ ——濾餅的厚度，厘米。

在1平方米的過濾面積上濕濾渣的體積為

$$q = 10 \cdot \delta \text{ 分米}^3。$$

在1平方米的過濾面積上濕濾渣的重量為

$$G_{\text{湿}} = q \cdot \gamma \text{ 公斤}。$$

在1平方米的過濾面積上干濾渣的重量為

$$G_c = G_{\text{湿}}(1 - \varphi) \text{ 公斤}。$$

含有 G_c 公斤干濾渣的懸浮液的體積為

$$q' = \frac{G_c}{x \gamma_c}。$$

單位過濾面積上濾液的體積為

$$v = q' - q \text{ 分米}^3。$$

單位體積濾液的干濾渣重為

$$\alpha = \frac{G_c}{v} \text{ 公斤/分米}^3。$$

利用上述的過濾方程式可算出在過濾機表面上形成一定厚度的濾餅所需的過濾時間，這就等於決定了過濾機表面的每一部分在液體中停留的時間。

$$(v + v_0)^2 = \frac{2p}{\mu \alpha r_0} (\tau + \tau_0) = k(\tau + \tau_0) \quad (10-26)$$

式中 $k = \frac{2p}{\mu \alpha r_0}$ ——過濾常數。

由此

$$\tau = \frac{1}{k} (v + v_0)^2 - \tau_0 \quad (10-27)$$

為了過濾出 v_0 體積的濾液所需的時間等於 τ_0 。

$$v_0^2 = k \tau_0 \text{ 或者 } \tau_0 = \frac{1}{k} v_0^2 \quad (10-28)$$

將 τ_0 值代入上式。得 τ 為

$$\tau = \frac{1}{k} (v^2 + 2vv_0)$$

將 k 和 v_0 值代入上式便得到下列表达式；它用以求定過濾面积 F 等于 1 平方米的過濾机的過濾時間 τ ：

$$\tau = \frac{\mu \alpha r_0}{2p} \left(v^2 + 2v \frac{R_n}{\alpha r_0} \right) = \frac{\mu v}{p} \left(\frac{\alpha r_0 v}{2} + R_n \right) \quad (10-29)$$

可以認為：轉筒表面浸沒部分与整个表面之比等于過濾所需時間与全部循环（包括濾渣的洗滌、干燥和卸除）所需時間之比。取轉筒浸入悬浮液部分，或者在上加料的過濾机及双轉筒過濾机內取被悬浮液浸湿部分等于 β ，則得轉筒每一轉所需的時間为

$$\theta' = \frac{\tau}{\beta}$$

对下加料的轉筒真空過濾机而言， β 值为 0.3~0.4。

对所有迴轉真空過濾机而言，一个操作循环的全部時間 τ 等于操作構件（轉筒，圓盤，平面過濾机之底面等）迴轉一周的時間，即应等于過濾時間（濾布在液面下停留的時間） τ_1 、濾渣層干燥時間 τ_2 、濾渣層的洗滌与排除洗滌水所需的時間 τ_3 之和。迴轉一次，濾渣的洗滌与干燥可以进行数次。进行干燥与洗滌工序所需的時間可能比過濾与形成濾餅所需的時間多若干倍，甚至很大程度上决定整个操作循环的長短。

利用真空過濾机轉筒的全部面积是不可能的。在濾餅取出区与轉筒在悬浮液中的浸沒区之間經常有一死区（мертвая зона），在这死区内不做任何有效的操作。在計算操作循环的時間时，轉筒上任一点穿过死区的時間 τ_4 应当考虑进去。

操作循环的总時間等于：

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 \quad (10-30)$$

我們进一步的任務是：求进行干燥与洗滌工序所需的時間，以及空气与洗滌水量，根据这些数据可以选择供抽空气用的真空泵、供抽洗滌水用的水泵和供吹落濾餅用的送風机。供抽濾液用的泵的生产能力要根据過濾操作的物料平衡求出。至于死区，它一般佔 2~3 格。

(2) 濾渣層的干燥

在真空過濾机上，当過濾操作与濾渣層生成完畢后，即开始排除充滿在濾渣層孔隙中的濾液。排除的机理在于：使充滿在孔隙中的液体被吹过濾渣層的空气挤出。虽然这个过程称之为干燥，但實質上称为濾餅的空气压出更为确切。

在干燥过程中形成气液兩相混合物，这种混合物通过濾渣層的孔隙应当不断地排出去。在干燥时被抽出的气体与液体量之比与濾渣層的孔隙度有关。濾液体积与孔隙体积之比称之为飽和度 S 。

用空气压出不能將母液从濾渣孔隙中全部排除。在压出时，飽和度 S 由 1 降低到某一最終值。由于液体表面張力的作用在濾渣層的孔隙中保留有一部分母液，它正是决定濾餅的殘余湿度 S_r 。殘余湿度值与孔隙的大小、濾液的表面張力及在濾渣層上的压力差等有关，并应由实验确定。

为了大致地估計殘余湿度值，可利用下式求得：

$$S_r = 0.025 \left(\frac{gLe}{Kp} \right)^{0.264} \quad (10-31)$$

式中 ε ——滤液的表面张力, 公斤/米;
 g ——重力加速度, 9.81 米/秒²;
 K ——滤渣层的渗透系数, 米³/秒²;
 p ——滤渣层的压力差, 公斤/米²。

圖(10-2)表示在各种残余湿度下的饱和度下降与比值 τ/C_r 的关系(時間以秒表示)。常数 C_r 等于:

$$C_r = \frac{g \cdot \mu_\phi \cdot \kappa L^2}{Kp} \quad (10-32)$$

式中 μ_ϕ ——滤液的粘度, 公斤·秒/米²;
 κ ——滤渣层的孔隙度, 即指孔隙体积对滤餅总体积之比;
 L ——滤餅厚度, 米。

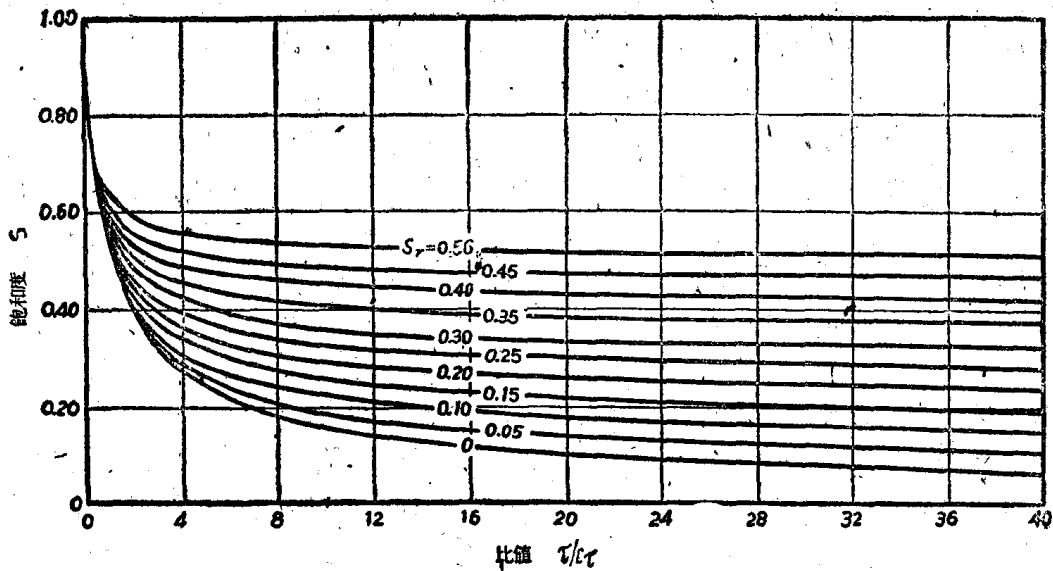


圖 10-2 滤渣層干燥時間曲綫

空气压出曲綫是假定滤液通过滤餅的流动性質为層流时而作出的。根据这些曲綫可以近似求出用空气流使滤渣达到所要求的最終湿度时所需的时间。

随着孔隙中液体的排除, 通过的空气量从零变化到操作終了时的某一最大值。在操作时, 通过滤渣層的最大空气量就决定了真空泵所需具有的生产能力。为了选择真空泵, 在干燥时被抽出空气的总量就应当按干燥过程中的瞬时空气消耗量的积分来算出。

为了很快地求出空气总量, 可利用圖(10-3)的曲綫。此圖系按空气为層流时作出的, 它表示了在各种残余湿度时空气相对体积的变化与比值 τ/C_a 的关系。常数 C_a 等于

$$C_a = \kappa L \cdot \frac{\mu_\phi}{\mu_a},$$

式中 μ_ϕ ——滤液粘度;
 μ_a ——空气粘度, 可用任何相同的因次表示。

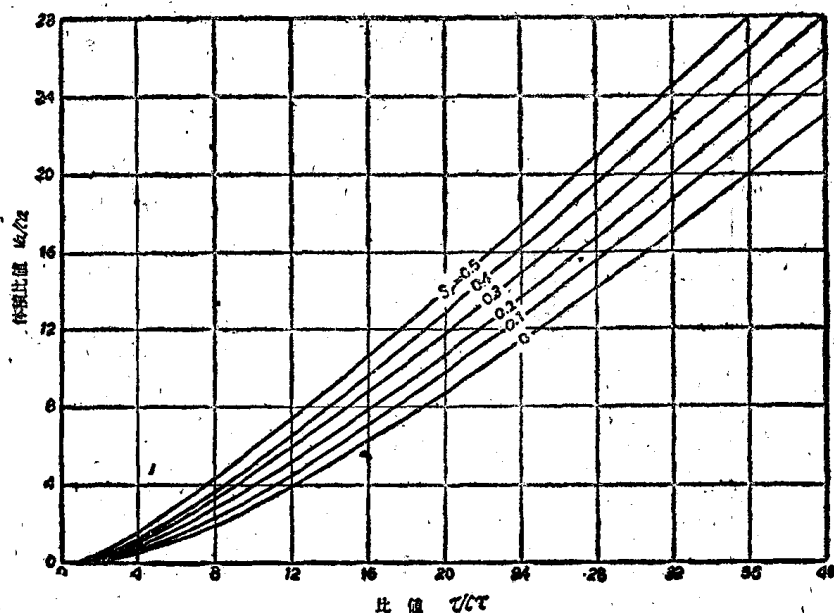


图 10-3 空气消耗量的积分曲线

严格地说，通过多孔滤渣层的空气流不是稳定的层流，它是处在过渡区域内。为使结果准确，在计算中可采用校正系数，该系数以层流与不稳定流的雷诺数之比表示。图(10-4)表示该比值与压力梯度和滤渣层渗透系数的关系。

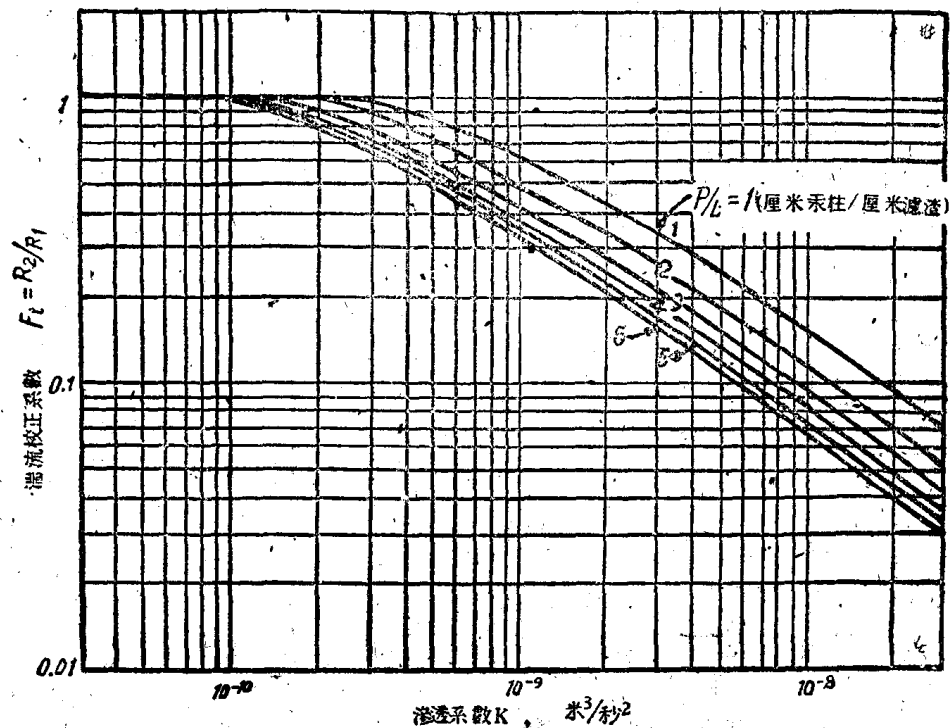


图 10-4 20°C 时饱和空气的湍流校正系数

滤饼再进一步的（更充分的）干燥可用热空气通过滤饼的方法来达到。

(3) 滤饼的洗涤

从滤渣层中进一步排除滤液要进行洗涤。实际证明，被滤液饱和的滤饼中有近90%

的濾液可以用洗滌水自孔隙中排出而不冲淡濾液。这就提醒我們有更准确地求出洗滌時間和洗滌水量的必要。完全洗淨是困难的，形成濾渣層的顆粒愈小愈是困难。

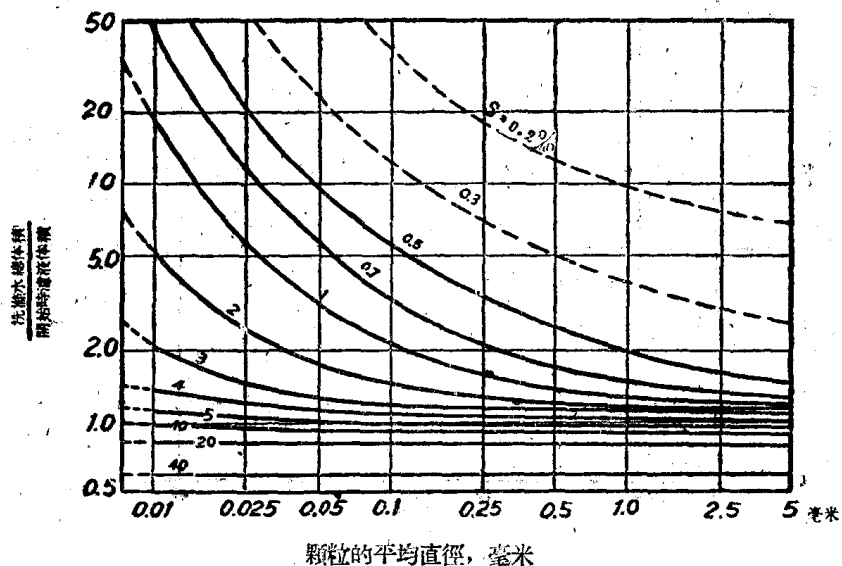


圖 10-5 求洗滌水體積的曲線

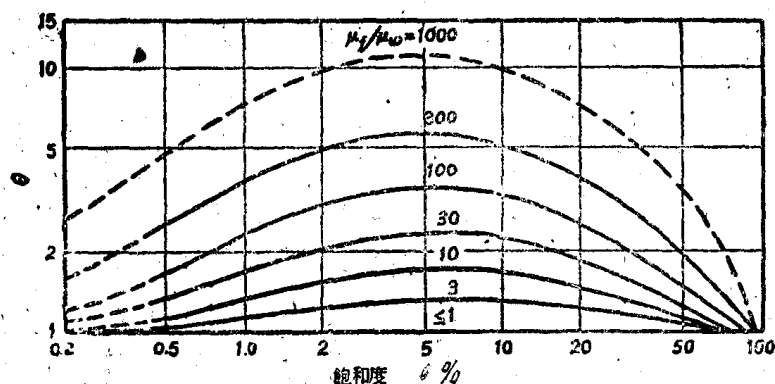


圖 10-6 粘度校正係數

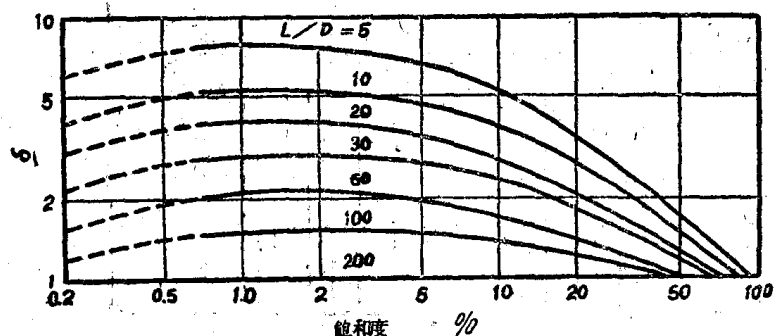


圖 10-7 濾渣層不均勻的校正係數

圖(10-5)表示濾渣層顆粒的大小、各種飽和度與洗滌水量的關係。此圖可用以估計要使濾渣洗滌到只含某一定濾液量所需的洗滌水量。當洗滌水的粘度與濾液的粘度有很大差異時，根據圖(10-5)求得的結果中應乘以校正係數，該係數由圖(10-6)的曲線求得。

如濾渣層的厚度薄到比形成濾渣層之顆粒直徑的100倍還小，則由於產生裂縫以及意外的小阻力孔道影響的增大而使洗滌水的用量增大。對這類情況，校正係數由圖(10-7)求得。

當過濾時，氣相與液相同時通過濾渣層，兩相通過時在數量上的相互影響如圖(10-8)所示，此圖可供選擇最适宜的空氣量，從而決定與此相應的洗滌水量；或者反之。

該圖的橫軸表示在洗滌時通過濾渣層的空氣量 V_a 與通過干濾餅時的空氣量 V_d 之

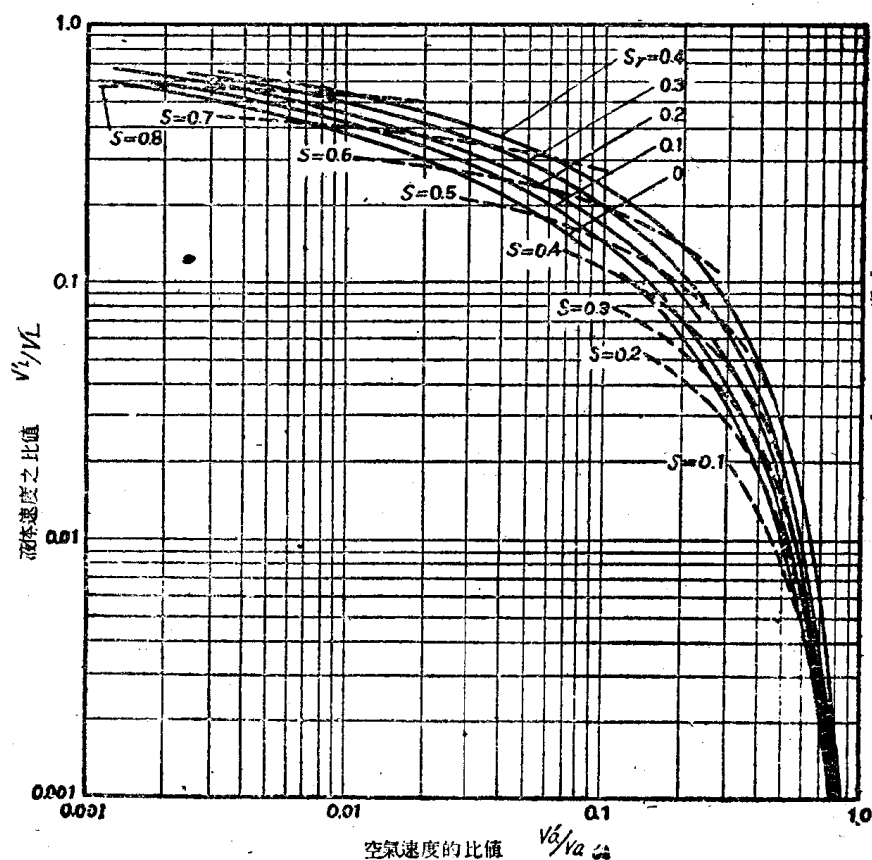


圖 10-8 洗滌曲綫

比；縱軸表示与空气一同通过的洗滌水量 V_L' 对洗滌水单独流过时之量 V_L 的比。圖中曲綫表示各种殘余湿度 S 值；虛綫表示飽和度值 S (从 0.1~0.7)。

决定有关洗滌与干燥濾渣層所必需数据的最可靠方法是实验。为了正确选择过滤设备与辅助设备以及所謂最理想的操作条件，最好利用与工厂相似的設備在大約相同的条件下运转时取得的数据。

虽然如此，但是上述计算方法^①作为一种企图合理地求得干燥濾渣層的空气量、洗滌水量以及估計进行这些工序所需的时间来看，毫無疑义是有用的。虽然該法具有假定性与近似性，但当缺乏必要的生产数据时，該法可用来决定真空过滤机与辅助设备的尺寸。在非常恶劣的情况下，当缺乏或根本没有供这样估量性計算的数据时，选择辅助设备不得不利用經驗公式。

下列表达式可用作非常粗糙的估計：当平均操作真空度維持在 250~450 毫米汞柱时，抽气真空泵的生产能力可取为

$$Q \approx (0.5 \sim 1.0)[F], \text{ 米}^3/\text{分} \quad (10-33)$$

在操作条件下，能产生 $p=0.3 \sim 0.5$ 表压的供吹落濾餅用的送風机的送風能力为

$$Q = (0.1 \sim 0.25)[F], \text{ 米}^3/\text{分} \quad (10-34)$$

① Brownell and Gudz. Chem. Eng. N9. 1949. P.112.