

氮肥的生产

И.Д. 福季尼奇 著

化学工业出版社

本書詳盡地介紹了氮肥生產中所使用的主要設備和過程。對生產原料、制取設備的材料，以及安全技術和生產檢驗等問題亦有所闡述。

書中着重敘述下列幾種氮肥：硝酸鈉、硝酸鉀、硝酸鈣、硫酸銨、尿素和氫氧化鈣（俗稱“石灰氮”）的生產工藝。對硝酸銨、沉淀磷酸鈣和磷酸鉀的制取方法，則僅作了概略敘述。

原書經蘇聯化工部教育司批准作為化工部所屬企業生產技術訓練班的教學參考書，可供我國氮肥工業中操作工人作為學習生產技術的讀物；亦可供從事無機肥料工業的工程技術人員和大、中化工專業學校教師和學生學習及參考之用。

本書由有機化學工業設計院前專家工作科集體翻譯，參加此工作的有：李維周、韓啓曾、孫昌寶、趙玉麟、何坤榮、徐維正、汪新蘭等，由李維周總校。

И. Д. ФОТИНИЧ
ПРОИЗВОДСТВО
АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
ГОСХИМИЗДАТ (МОСКВА • 1956)

氮肥的生產

李維周等譯校

化學工業出版社（北京安定門外和平北路）出版

北京市書刊出版業營業證可經出字第092號

北京市印刷三廠印刷 新華書店發行

開本：850×1168 1/16

印張：7 1/4

字數：191千字

定價：（10）1.20元

1958年7月第1版

1958年7月第1次印刷

印數：1—20,000

書號：15063•0215

目 录

序	7
緒論	8
第一章 氮肥生产中的标准过程和设备	10
蒸發	10
概論	10
水蒸汽	12
蒸發器	13
蒸發裝置的輔助設備	16
蒸發器的主要維護規則	18
結晶	21
概論	21
結晶器	22
結晶器的主要維護規則	26
過濾和离心分离	27
過濾	27
概論	27
過濾材料	28
過濾設備	29
离心分离	33
概論	33
离心机	34
离心机的主要操作規則	36
干燥	37
概論	37
干燥設備的結構	39
干燥裝置的輔助設備	41
泵、空气鼓風机和通風机	43
离心泵	43
泵的維護	44
PMK 型空气鼓風机	46
通風机	47
复習題	48
第二章 制造設備的材料	49

第三章 氮肥生产中所采用的主要原料	52
氨	52
氨的特性	53
氨的制取	54
氨的储存和运输	55
硝酸	56
硝酸的特性	56
硝酸的制取	58
氮氧化物的特性	59
硝酸的储存和运输	59
氯化钾	60
苛性钾	61
纯碱	62
苛性钠	63
石灰石和石灰乳	63
硫酸	64
硫酸的特性	64
硫酸的制取	65
硫酸的储存和运输	66
复习题	67
第四章 硝酸钠的生产	67
硝酸钠的特性和用途	67
硝酸钠的制取方法	69
由氮氧化物和纯碱制取硝酸钠	69
生产流程	69
氮氧化物用纯碱溶液吸收	71
亚硝酸钠和硝酸钠溶液用硝酸处理(转化)	74
硝酸钠稀溶液的蒸馏	76
硝酸钠蒸浓液加工成干燥盐	77
消耗定额	79
由纯碱和硝酸生产硝酸钠	79
主要安全技术规则	80
复习题	80
第五章 硝酸钾的生产	81
硝酸钾的特性和用途	81
硝酸钾的制取方法	83
以转化法制取硝酸钾	83

生产流程	84
硝酸钠和氯化钾当量混合物溶液的制备	85
硝酸钠和氯化钾的复分解	87
氯化钠由硝酸钾蒸浓液中的分出	90
硝酸钾溶液的结晶	91
成品的干燥和包装	93
由苛性钾和氮氧化物制取硝酸钾	94
氮氧化物用 KOH 溶液吸收	94
亚硝酸钾-硝酸钾溶液的转化	95
溶液的蒸浓	97
消耗定额	94
由硝酸铵和氯化钾制取硝酸钾	98
由氯化钾和硝酸制取硝酸钾	98
制取硝酸钾的其它方法	99
主要安全技术规则	99
复习题	100
第六章 硝酸钙的生产	101
硝酸钙的特性和用途	101
硝酸钙的制取方法	103
由氮氧化物和石灰乳制取硝酸钙	103
石灰乳的制备	103
亚硝酸钙-硝酸钙溶液的制取	104
亚硝酸钙-硝酸钙用硝酸处理(转化)	109
硝酸钙稀溶液加工成干燥盐	113
消耗定额	120
由硝酸和石灰石制取硝酸钙	120
复习题	122
第七章 硝酸铵的生产	123
概论	123
硝酸铵的生产	125
石灰-硝酸铵的生产	127
第八章 硫酸铵的生产	129
硫酸铵的特性和用途	129
硫酸铵的制取方法	131
“湿”法制取硫酸铵	131
生产流程	132

硫酸用氨中和	132
母液中晶体的分出	136
生产檢驗; 消耗定額	136
“干”法制取硫酸銨	137
生产流程	137
主要設備	139
工艺过程	140
由焦爐气制取硫酸銨	142
硫酸銨的其它制取方法	143
主要安全技术規則	144
复習題	144

第九章 合成尿素的生产

尿素的特性和用途	145
尿素生产中所采用的原料	146
尿素的制取方法	147
由氨和二氧化碳制取尿素	148
由膨脹气中取得的二氧化碳的清淨和压縮	148
由石灰焙燒爐气体中制得的二氧化碳的清淨和压縮	153
由氨和二氧化碳合成尿素	159
尿素溶液的蒸餾和蒸濃	165
濃尿素溶液加工成干燥鹽	170
消耗定額	170
生产流程	171
主要安全技术規則	172
制取尿素的其它方法	173
复習題	174

第十章 氰氨化鈣的生产

氰氨化鈣的特性和用途	174
生产氰氨化鈣用的原料	176
由气态氮和碳化鈣制取氰氨化鈣	178
生产流程	178
配料的制备	180
碳化鈣的氮化	183
成品氰氨化鈣的細磨以及用水和油处理	191
氰氨化鈣的包裝和貯存	192
消耗定額	192

生产合理化的若干途径	197
主要安全技术规则	193
氰化钙对人体的作用	193
处理氰化钙时的预防措施	193
对受害者的急救	194
复习题	196
第十一章 用硝酸分解天然磷酸盐的方法生产氮磷混肥	196
生产氮磷混合肥料所采用的原料	197
沉淀磷酸钙和硝酸钙的生产	198
磷酸盐用硝酸分解和溶液中沉渣的排除	198
氟化合物的沉淀及其从溶液中的分出	199
磷酸的中和	200
沉淀磷酸钙由溶液中的分出和干燥	202
生产工艺流程	202
成品规格; 消耗定额	204
硝酸钙和硝酸磷酸钾的生产	204
磷酸盐用硝酸分解	205
硝酸钙晶体的析出	205
母液的中和	206
母液与氟化钾的混合	206
生产工艺流程	207
成品规格; 消耗定额	209
复习题	209
第十二章 生产检验	210
液体和气体流量的测量	210
压力的测量	213
温度的测量	216
酸、碱及盐溶液浓度的测定	218
复习题	219
第十三章 安全技术和防火规程	220
有毒气体和蒸气的防御	221
保护用具	221
防护措施和对受害者的急救	222
酸和碱的防御	223
触电的防止	223
设备的安全操作	224

进行修理工作时的安全措施	225
有爆炸危险的混合气体	226
防火规程	226
复习题	228
附录	229
I. 硝酸的比重	229
II. 计算硝酸比重时温度的校正值	229
III. 硫酸的比重	230
IV. 计算硫酸比重时温度的校正值	230

序

本書出版的目的是为了帮助氮肥生产中的主要工人提高本專業的熟練程度。

鑒于硝酸銨的生产將出專册加以論述，故在本書中仅簡略地叙述此种生产的工艺流程。以硝酸分解磷酸鹽为基础的肥料生产是很有發展前途的，但目前工業生产技术尚处于未充分掌握的阶段，因此，按上述方法制取沉淀磷酸鈣和硝酸磷酸鉀的叙述在本書中也只側重于工艺流程。

“硝酸鈣的生产”一章系与 М.И. 包格坦諾夫工程师共同編写的。

А.М. 杜勃維茨基、П.Е. 卡扎良、В.А. 捷米德金和 Я.И. 基利曼对本書給予了宝貴的指示和意見，在此深表謝忱。

作者

緒 論

苏联發展国民經济的第六个五年計劃規定急剧發展農業的各个部門，并在此基础上大力提高民用食品和工業用原料的生产。

提高主要农作物的收获量对完成这一任务起着很重要的作用。

众所週知，为提高收获量，使用無机肥料却又有着巨大的意义。

在为营养植物而施用的物質中，氮起着重要的作用，因为它是蛋白質的主要成分，而蛋白質又是决定植物生机活动的主要物質。土壤中如果缺乏氮，就会阻碍植物生長，甚至使植物枯萎。所以施加足量的氮肥对植物生長有着良好的影响。

氮肥由于氮与肥料中其他物質化合形式之不同，可分为若干种。

氮以氨的形式与某一种酸——硫酸、磷酸、鹽酸化合而成的肥料称为**氨类肥料**(аммиачные удобрения)。硫酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 便属于此类肥料。氮以硝酸根形式存在的肥料，例如 KNO_3 (硝酸鉀)，称为**硝酸鹽类肥料**(нитратные удобрения)。氮以酰胺形式存在的肥料，例如尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ，称为**酰胺类肥料**(амидные удобрения)。肥料也可按混合肥料或中間肥料来划分，硝酸銨由于它既含有氨形式的氮，也含有硝酸根形式的氮，所以是混合肥料中的一种。

長期以来，硝酸銨被認為是主要氮肥，它主要施用在所謂碱性土壤中（黑土、灰土、草甸土）的技术作物上。不久的将来我們打算在各种不同土壤及气候条件下，在所有农作物上（既包括技术作物，也包括农作物）广泛地施用各种氮肥。

苏联共产党第廿次代表大会指示規定加速發展無机肥料的生产。向化学工業提出在1960年生产1960万吨無机肥料（为1955年的204%）的任务。

完成这一任务之重要意义可用下面几个例子來說明：棉花如果施加氮肥，中亞細亞地区的棉花收获量会增加1~1.5倍，而在个别集体农庄，土壤中再增加施肥量，其收获量与未施肥的土地相比，可提高3倍。在苏联中部地区，土壤中施肥对提高收获量也有非常巨大的作用。1公頃土地上施加30公斤氮，飼料甜菜收获量

約为60公担，施加 60 公斤，收获量会增加 1 倍以上，如施加 90 公斤氮，則飼料甜菜收获量將近 200 公担。所列举的数据充分表明，在多数情况下，土地的收获量能否增加是与施肥量的多少有直接关系。

由于土壤及气候条件差異很大，由于个别农作物特点之不同，又由于經濟上的理由，第六个五年計劃規定大大增加各种氮肥的品种。除主要氮肥——硝酸銨以外，还将生产尿素和硝酸磷酸鉀，扩大硝酸鈣、硝酸鉀和硝酸鈉的生产。

还将大規模地生产液体氮肥——氨絡物（аммиакат）。它是氮肥（硝酸鈉、尿素和硝酸鈣）的飽和氨水溶液。

由于使用肥料的地区不断扩大和农田操作不断机械化，因而对無机肥料提出了提高肥料的物理性質、減少肥料的吸湿性及粘結現象等等新要求。此外，肥料应当是粒狀（顆粒狀）的，因为这样便可以用播种机將其施于土壤中。

應該在操作过程自动化、采用高生产能力的設備和采用先进科学技术的基础上来掌握新品种肥料生产和扩建現有工厂。

第一章 氮肥生产中的标准过程和設備

氮肥生产多半包括以下几个过程：

1. 鹽溶液的制取；
2. 鹽溶液中水分的蒸出；
3. 蒸濃液中鹽的結晶；
4. 過濾或离心分离，即从溶液中分离出所生成的鹽結晶；
5. 鹽結晶的干燥。

当然，并不是在每种生产中上述几个过程都得全有而一个不缺。在某些生产中制取氮肥只有兩、三个过程；复杂的生产則由一連串的連續工序組成，而工序的次序在不同的生产中又是各不相同的。

每种生产所用的設備应按下述原則来選擇，即：在这些設備中进行的生產过程要能够得到最好的操作条件，能够充分利用原料，而消耗的能量又最少。

連續式設備生产效率高，因为使用这种設備不至于因裝卸原料使工艺过程間断而浪費時間，而使用間歇式設備这一点却是不能避免的。

蒸 發 概 論

在許多种氮肥生产中，几乎工艺过程的各个阶段都与溶液發生关系。

大家都知道，一种物質和另一种物質的均一分子混合物叫作溶液。溶液中量多的物質通常叫做溶剂，另一种物質則叫做溶質。

如果是鹽的水溶液，水总是叫作溶剂，而鹽叫做溶質，尽管有时溶液中水分子少于鹽分子。

几乎所有的物質一种溶于另一种都是按照一定的比例，这种比例决定于它們的性質、温度和压力。

譬如，將食鹽放在一升水中来溶解，只有一定量的鹽被溶解掉

(在一定溫度下)，其餘的便沉到容器的底上而不會轉為溶液。

含有未溶解的過量物質的溶液叫做該物質的飽和溶液。

使 100 克溶劑飽和的某種物質的克數，即該物質的溶解度。

幾乎所有的鹽類的溶解度通常都隨溫度的增高而增加。例如，某種鹽溶液在該溫度下已經飽和，如將溫度提高，那麼此鹽溶液中的一部分鹽又可能被溶解，如溫度降低，則相反，已溶的鹽將會從溶液中結晶出來沉到容器底上。

表示溶液中溶質數量的數值叫作溶液的濃度。在工廠實際操作中，溶液濃度通常用重量百分比表示。例如，我們說苛性鈉溶液的濃度為 20%（重量比），這就是說在 100 克溶液中含 20 克 NaOH 。

溶液的濃度借助於蒸發可得到提高。

溶液的蒸發過程——就是使溶劑轉為汽態而排除一部分溶劑的過程。蒸發過程照例是在溶液沸騰的情況下進行。被排除的溶劑的蒸汽叫做二次蒸汽或蒸發蒸汽。蒸發蒸汽實際上是不含溶質的。

隨著溶劑的排除，溶液濃度不斷提高，直至飽和狀態為止，在飽和狀態下，溶劑如果再繼續排除，那麼已溶鹽便會結晶而沉淀下來。

在氮肥生產中，鹽的水溶液應予以蒸發。幾乎所有的鹽類溶液的沸點都比淨水高；鹽類溶液的沸點多半都是隨其濃度的上昇而昇高。例如，78% 的硝酸鉀溶液在常壓下 116°C 時沸騰，44% 的則在 105°C 時沸騰；20% 的食鹽溶液在 105°C 時沸騰，而 25% 的則在 107°C 時沸騰，等等。

在同一壓力下，一定濃度之溶液的沸點永遠不變，加大外部壓力沸點即上昇，減低壓力沸點即下降。

蒸發操作既可在常壓下，也可在負壓（真空）下進行。在真空下蒸發時溶液的沸點会降低，所以在真空下蒸發往往比在常壓下蒸發在經濟上更合算些，在真空下蒸發可以改善加熱蒸汽與被蒸發溶液的傳熱情況。從而因熱擴散到周圍空間而造成的熱損失便可減少。

但必須指出，溶液在真空下蒸發只有在溶液不能劇烈加熱或能夠使用廉價低溫加熱蒸汽時才是合理的。如果是其它情況，在真空下蒸發幾乎是完全是合理的，因為形成真空和保持真空要花費大

量能量。

溶液蒸發可以在一个或几个平行操作的設備内进行，蒸發蒸汽由这些設備平行放入大气或送給某一用戶。这样的設備能够間歇或連續工作，叫做單效蒸發器，如果蒸發蒸汽連續送入并列的蒸發器以利用其热量，这样的蒸發叫作双效蒸發。根据順序按裝的設備的数量，蒸發裝置可能是双效的、三效的和多数的。

采用多效蒸發裝置能够大量节省蒸汽。

水 蒸 汽

水蒸汽是氮肥生产中蒸發鹽类溶液而使用的一种最普通的載热体。水蒸汽作載热体有很多可贵的特点：貯热量大、热傳导效率高，便于送入蒸發設備等等。

饱和蒸汽的压力决定于本身的温度：温度愈高，蒸汽的压力愈大。水蒸汽压力与温度的关系示于表 1。在冷却饱和蒸汽时，饱和蒸汽即会冷凝（变成水）。

温度高于相应压力下水的沸点的蒸汽叫作过热蒸汽。如將饱和蒸汽由沸水引出并繼續加热即可取得过热蒸汽。冷却时，过热蒸汽在未完全放掉过热时所吸收的热量，和温度尚未降至在該压力下饱

饱和水蒸汽的压力和温度的关系

表 1

压 力 (公斤/厘米 ²) ^①	温 度 (°C)	压 力 (公斤/厘米 ²)	温 度 (°C)	压 力 (公斤/厘米 ²)	温 度 (°C)
1	99.1	1.8	116.3	7	164.2
1.1	101.8	1.9	117.9	8	169.6
1.2	104.3	2	119.6	9	174.5
1.3	106.6	3	132.9	10	179.6
1.4	108.7	4	142.9	20	211.4
1.5	110.8	5	151.1	30	232.8
1.6	112.7	6	158.1		

① 1 公斤/厘米²的压力(一平方厘米承受一公斤的重量)叫做工業大气压。工業大气压比物理大气稍稍微小些。物理大气压等于 1.033 公斤/厘米²的压力，相当于 0°C 时 760 毫米水銀柱的压力。在工厂实际操作中压力通常用工業大压計量，而不用物理大气压。

和蒸汽的温度以前是不会冷凝的。

一公斤的蒸汽所含的全部热量叫作蒸汽的热含量。

蒸汽的传热能力在很大程度上决定于其沿传热壁（通过该传热壁将热传给被加热的物料）运动的速度和在蒸汽中是否夹杂有空气与冷凝水。如果蒸汽中有空气存在，那么在传热壁上就会形成热量不易通过的空气膜。

蒸 發 器

鹽类溶液在用水蒸汽加热的蒸發器内进行蒸發。

在蒸發器内，加热蒸汽将热通过金属壁传给溶液。

壁面（即加热面）愈大，由加热蒸汽传给溶液的热量愈多。因此在蒸發器内都用大量加热管或蛇管加热溶液，因为管子的面积大。

蒸發器操作顺利与否不仅决定于加热面的大小，而且决定于热量由加热蒸汽传至溶液的速度。这个速度愈大，传热愈多，溶液因此也就蒸發得愈快。

传热速度取决于管子的材料、加热蒸汽与被加热溶液的温度差、管子的厚度与其清洁程度、管内和管外蒸汽与溶液的运动速度。

大家都知道，铜和铝是最好的导热体；铁（钢）的导热性较差。所以在可能的情况下都用铝和铜制造加热管，不过用铜的时候少，因为铜比铝贵。

然而在氮肥生产中这两种金属管由于腐蚀的关系几乎是不采用的。蒸發器和加热管通常都用碳素钢或不锈钢制造。

加热水蒸汽的温度愈高和欲加热溶液的温度愈低，由蒸汽传给溶液的热量愈多愈快。

待加热溶液在管内或管外的运动速度和加热管的清洁程度也有着很大的意义。该速度愈大，蒸汽与溶液之间的换热能力愈好；因此在蒸發器中应当造成溶液的快速循环。至于加热管的清洁程度，大家都很清楚，如果加热管被蒸汽污垢或被很厚的结晶盐层盖住，那么蒸發器的操作就几乎完全停顿。

在不同类型的蒸汽加热蒸發器中，由立管或横管束式沸騰器

(加热室) 和由用以进行將蒸發蒸汽由蒸發溶液排除过程之蒸發(蒸汽)室所組成的設備在工業上得到了广泛的应用。

根据欲蒸發碱液在蒸發器内运动的性質, 可分为自然循环設備和强制循环設備两种。待蒸發溶液所以能够自然循环是因为在沸騰器和蒸發(蒸汽)室中溶液的比重不同。溶液的强制循环由泵造成, 即用該泵將溶液打入沸騰器, 繼而进入蒸發室, 而后从新进入泵, 依此类推。

中央循环管和立加热管式蒸發器示于圖 1。它有外壳 1, 外壳內裝有沸騰管 2 和中央循环管 3。蒸發室 4 位于沸騰管上面。在蒸發器的上部裝有分离器(飞沫捕集器) 5。

加热蒸汽通过两个輸入管 6 送入管外空間。溶液經輸入管 7 定期送入加热管内。溶液在此沸騰并排入蒸汽空間 4, 蒸汽在此被分离开来, 而溶

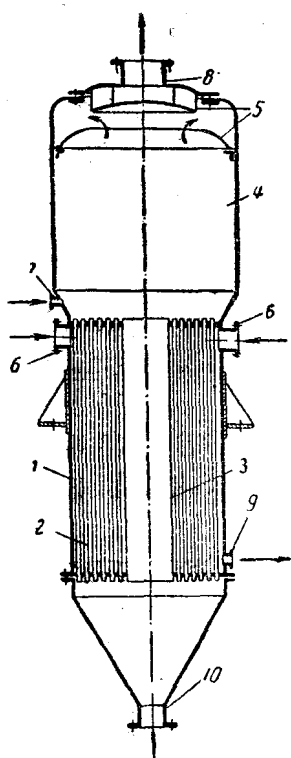


圖 1 立加热管式蒸發器

1—外壳; 2—沸騰管; 3—中央循环管;
4—蒸發室; 5—分离器; 6—蒸汽輸入管;
7—溶液輸入管; 8—蒸發蒸汽排除管;
9—蒸汽冷凝液排除管; 10—蒸濃液排除管

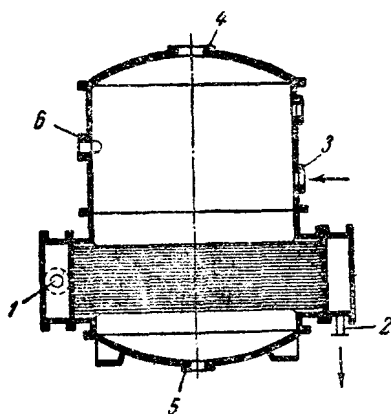


圖 2 橫加热管蒸發器

1—加热蒸汽輸入管; 2—冷凝液排出管;
3—溶液輸入管; 4—蒸發蒸汽排除管;
5—溶液排出管; 6—玻璃視孔

液則沿循環管 3 流下而從新進入加熱管。溶液沸騰時分離開來的蒸發蒸汽經過分離器 5 後由蒸發器經排除管 8 排出。

在分離器中蒸汽帶出的溶液飛沫被分離下來並重新進入蒸發器本体。冷凝液由蒸汽室經排出管 9 排出。蒸濃液經排出管 10 定期由蒸發器中卸出，與此同時下一份溶液又送入設備內蒸發。如果蒸發器是在真空下操作，則蒸發器要與氣壓冷凝器和真空泵連接起來。蒸發器的缺點之一是蒸汽不能完全和液體分離開來，因此在強烈操作下溶液因被蒸發蒸汽帶走而形成的損失即會增多。

橫管蒸發器示於圖 2。加熱蒸汽經輸入管 1 進入蒸發器的管內；而冷凝液則經排出管 2 流出。待蒸發溶液沿管 3 進入管外空間。二次蒸汽經排除管 4 引出蒸發器；成品液經排除管 5 由蒸發器內卸出。為了觀察設備中液體的狀態，設有玻璃視孔 6。

器外沸騰器式蒸發器

器外沸騰器式蒸發器能加速溶液的循環。這種蒸發器的加熱室（沸騰器）和分離器（蒸汽室）是分開裝着的，它們之間由外循環管連通。待蒸發溶液多次通過沸騰器的管子，在每次進入分離器時蒸發蒸汽即被脫除。現將器外沸騰器式蒸發器的一種結構示於圖 3。這種蒸發器的加熱室，是一個立式圓筒，內裝一束加熱管 6。加熱蒸汽經管 7 進入管外空間，冷凝液經管 8 排出。溶液沿循環管 4 進入沸騰器，沿管 6 上升，被加熱至沸騰，而後沿管 9 流入蒸汽室 2，在此溶液中的水分便被蒸出。蒸發蒸汽經管 10 由蒸發器內排出，溶液則沿循環管 4 重新流入沸騰器 1 的下部。

蒸濃液沿管 11 由蒸發器中排出；新鮮溶液則沿管 12 送入蒸發器。

強制循環式蒸發器

在上述結構的蒸發器中待蒸發溶液的循環是自然的。

採用強制循環式蒸發器的目的是為了提高蒸汽傳熱給溶液的傳熱效率。

現將此種設備的一種類型示於圖 4。溶液用泵 1 壓入沸騰器 2，