

應用科學叢書

# 製鹽工程學

編著者 王善政

正中書局印行

# 第一章 鹽水之來源生成及其尋獲

## 第一節 引 言

鹽水製鹽工程之主要工作，在由鹽水中製取食鹽，以及尋找地下鹽水，或由鹽礦中提取鹽水等。尋找及取得鹽水，屬於開礦工程；由鹽水中製取食鹽，以及鉀鹽、鎂、溴、碘等副產品之利用，則屬化學工程。

食鹽重要性，人所熟知，純食鹽之化學成分為氯化鈉( $\text{NaCl}$ )，其對於人類之營養關係極大。所有有機動物體中皆含有之，血液及骨骼中含鹽尤多。鹽可使體內液體流動，在胃液中可生成鹽酸液以消化食物，膽汁中鈉質為不可缺少者。每人每年所需鹽量大約佔體重百分之十。文明人類每年每人需食鹽量約為7.5 仟克，牛乳中亦含鹽約為0.06 %。飲水、肉類、菓品、麵包、奶油等食物，其中亦皆含有微量食鹽。動物之喂料，亦皆含有食鹽之成分，故食鹽與人類及動物界關係甚大。

土壤亦需微量食鹽，以利植物之生長。根據試驗，土壤中如含食鹽0.02 %，則頗適於豆類、穀類之種植。如土壤中含鹽成分太高，約在0.05 %以上時，則祇適於海草類之繁殖。食鹽對於含鹽特少之土壤，確可增其肥沃，但其重要性自遠不及鉀鹽。

食鹽在工業上，亦頗佔重要性，尤以化學工業為甚。如製鹼、氯氣、鹽酸、芒硝、漂白粉等工業，皆賴為主要原料。皮革染色、肥料、精煉植物油、以及冶煉等工業，亦皆需用食鹽為原料。

食鹽在過去，有用以作貨幣使用者。現今在非洲阿比西尼亞地方，仍有食鹽代替金錢使用之習慣。我國西南各地之鹽磚，從前亦為貴重之禮品。歐洲昔時，有因爭奪鹽泉而發生戰爭者。歐洲古時民族，有以食鹽為一種忠實、有禮之象徵物。我國從前亦頗重視鹽業，漁鹽之利史書詳載。由此可見食鹽在政治經濟及宗教方面之重要性及其影響。

海水為製鹽之主要原料。但本書偏重於利用地下鹽泉或鹽礦所得之鹽水以煮鹽，因海水製鹽，較為簡單，精製方法，則與利用鹽泉，鹽礦中鹽水煮鹽之方法相同故也。

## 第二節 食鹽之分布及所在

食鹽在地球上之分布甚廣，如地層中之岩鹽及鹽水，鹽湖及海洋中之鹽水，均有鹽之存在，茲略述如下：

(一)海水：估計平均一千分海水，約含食鹽（氯化鈉）二十七分，此外尚含有其他雜鹽，如鎂、鉀、鈣、溴，及硫酸根化合物等。一升海水之重量約為 1024—1028 克(gram)，即比重為 1.024—1.028。據謂海水中含鹽之來源，係由陸地上江河流入之水及空氣中雨水，蒸發聚積而得。各海洋中，因地點、深度之不同，其含鹽量亦異。

全世界所有海洋內之海水中，究含食鹽若干，為一極有興趣之問題。海水之體積為十二萬八千五百萬立方千米，海水之平均含鹽

量爲 3.5%，食鹽之比重爲 2.12，則海水中總共含鹽量爲

$$1,285,000,000 \times \frac{3.5}{100} \times \frac{1}{2.12} = 21,200,000 \text{ 立方仟米。}$$

21,200,000 立方仟米（每一立方仟米合 1,000,000 立方米），其儲量之體積，相當於全世界海面 57 米之厚，（按全世界海面爲三萬七千三百萬平方仟米），或相當於高出海面陸地體積之三分之一，其存在量，不爲不多矣。歐洲地中海內食鹽之儲存量，計算得約爲 67,966 立方仟米。

（二）空氣及雨水中：海面空氣中含鹽頗多，概由風力將海水中之鹽吹成細粉而成。故海岸附近落雨時即將食鹽溶解，而雨水中便含鹽矣。在法國南錫試驗，雨水一立方米含鹽 18 克。

（三）江河及湖泊中：江河中之水無不含鹽，惟量有不同而已。歐洲多瑙河河水，每萬分含鹽 0.026 分。萊茵河水，每萬分含鹽 0.1628 分。河水將陸上之鹽，輸入海或湖。德國之易北河，每年流入海中之河水爲六百萬萬立方米；含鹽量爲 25,320 公噸。

湖泊中含鹽，更屬常見，尤以死水湖沼含鹽更多。地層下之岩鹽礦多爲以往死水湖泊壓埋地下而生成者。亞洲方面之死海爲一大鹽水湖，湖水含鹽成分由 20—24%。黑海中含鹽成分亦高。世界各地常有鹽湖發現。

（四）地層岩石中：沖積地層各年代常有岩鹽礦或鹽水之發現，如我國之四川，以及世界各地發現石油之地，爲其量顯著者。結晶體岩石中，亦有鹽泉之發現，但不多見。

### 第三節 地層中鹽礦鹽水生成之學說

地層中鹽礦鹽水之成因，有兩大學說。一說謂地層中之鹽礦鹽水係由火山成因說。遠古之時，地球上之物質皆為氣體，氯化鈉亦成氣體狀存在。當地球表面溫度低至  $776^{\circ}\text{C}$ 。（按  $776^{\circ}\text{C}$  為氯化鈉之熔點及昇華點）時，氯化鈉變成固體，水蒸汽將其凝結物溶化。後者生成現在之海水；前者生成食鹽岩石。故以為海水之原始，非鹹水海，而為淡水海。地球上亦曾發現少數鹽礦，非由海水蒸發積壓而成，乃與火成岩石並生，如奧國之“Salzkammergutes”附近之諸鹽礦，即為其例。第二說為水成岩成因說。自德國“Stassfurt”鹽礦發現後，此說更屬證據確鑿。德人 Ochsenius 氏並根據各種事實，完成其岩鹽礦成因之學說。彼謂最初海水中含有鈉、鉀、鎂、鈣之氯化物及硫酸鹽，而氯化鈉之含量約佔全體四分之三。因地面之構造有凸起及凹下處，則可將海水經一凸起之沙灘，沖入低窪之處，在此處海水漸漸沖入，亦漸漸蒸發。海水中之生物，漸漸死亡。海水達至相當濃度時，先有硫酸鈣及碳酸鈣沉澱下降而分離。鐵化合物亦成為氧化物沉降，漸次有氯化鈉結晶沉降，此為第一步。當氯化鈉沉澱將完時，有硫酸鎂與硫酸鉀及二倍之硫酸鈣混合分出，此為第二步。上層之母液愈濃，其中含有之化學成分當為碘化鎂、碘化鈉、碘化鉀、溴化鎂、氯化鎂、氯化鉀、硫酸鎂等，達至相當濃度時，則氯化鉀與二個氯化鎂混合結晶沉降，以生成現今之主要鉀鹽礦，此為第三步。最後則或因地層上升，無海水流入，而覆以泥土層，以成為現在德國中部所構成之鹽礦。此說似特別可以適用於歐洲，對於鉀鹽礦之成因，尤為適合。又有學者主張年代較新之岩鹽，非原始生成而係二期生成者。

#### 第四節 鹽礦鹽水之尋獲——地質及地質物理方法

因世界各處地層中，鹽礦及鹽水存在頗廣，故其尋獲較易。鹽水由地縫直接流出地面者頗多，亦有由岩鹽層，直接露出地層表面者，如羅馬尼亞及波斯即有此種情形。鹹水湖及鹽池，亦為表示鹽水鹽礦之存在。又於打鑽淡水井時，有時亦可發現鹽水、鹽礦。地質學尚未發達時，賴上述諸種情形發現者頗多。

近百年來，因地質學日趨昌明，鹽水、鹽礦因之更易發現，鹽水在地層中為流動體，多儲積於沖積地層中之穹窿式背斜，或背斜式構造中。尤以鹽水鹽礦往往與石油，天然煤氣並生，故尋覓石油時，即不啻同時尋找鹽水鹽礦也。

地質物理學方法，近數十年來發展甚速，在應用方面，甚為成功。近十餘年來，岩鹽礦鹽水層以及石油、天然煤氣賴地質物理儀器發現者最多。如美國 Texas 省之岩鹽礦之發現，不下數百處。地質物理儀器，對於探測鹽礦鹽水，有效驗而成功者，以扭秤 (torsion balance)、蒂森計 (Thyssenmeter) 及 Sismic 地震探礦法為最普遍。扭秤及蒂森計之工作原理，係利用岩鹽礦與其他岩石層比重之不同，而 Sismic 地震探礦法，則係利用岩鹽礦與其他岩石層傳音率及折音率之不同。大約二千米深度以上地層中之岩鹽礦，大都可利用上述方法測知之。但上述地質物理儀器需受專門訓練之人，始可使用之。

#### 第五節 礦洞與鑽井法尋獲鹽礦鹽水

尋獲鹽礦鹽水進一步之具體辦法，則為鑽礦洞，或鑽井眼，如此

可確定鹽礦鹽水之品質、儲量情形、以及有無開採之價值。

鑽礦洞法，多在岩鹽礦之尋獲及取運時應用。開礦洞方式，可分為斜入式，及上下直入式。斜入式礦洞較為平緩，凡鹽礦離地面甚淺，或存在於地面水平線以上之岩石中，多應用此法。礦洞斜入之深度不等，由數十米至數千米以上者。我國雲南元永井之鹽礦即係採用此法。直立式礦洞，則多應用於在地面下岩鹽礦之尋獲，其深度由數十米至千餘米。德國中部之鉀鹽礦即多係採用此法工作。我國雲南元永井，亦曾打一直立式鹽礦洞，尋獲鹽礦。

其次，尋獲鹽礦鹽水之較為經濟辦法，則為鑽井。我國四川各地鹽區大都採用此法。鑽井術，大別之可分兩種：一為衝擊式鑽井，一為螺旋式鑽井。因石油礦業之發展，鑽井術亦日趨進步。但究其根源，衝擊式鑽深井方法，當以我國四川採用最早，雖其機械設備僅用人工及畜力，其方法則與現代衝擊法鑽井相吻合，可稱為我國在工程歷史之一大貢獻。現四川之富榮鹽業之尋獲鹽水仍繼續採用此種方法。最近數十年來，歐美之鑽井術，多趨向於螺旋式，即鑽頭在地面上旋轉工作，並用水漿循環流入井孔中沖洗，將泥渣帶出。此種鑽井方法，效率頗高，每日可鑽入深度由數米至百餘米，視地層之硬度而定。我國經濟部資源委員會前曾由德國定購此式鑽井器四部，現正在各地鑽井尋油；並曾於重慶南岸石油溝發現天然煤氣與鹽水，因所產鹽水之濃度較低，現尚未加以利用。

## 第二章 鹽與鹽水之性質及其分析

### 第一節 岩鹽之性質

岩鹽多成六面結晶體，亦有少數成八面結晶體；比重為2.1—2.2，硬度為2.5。較緻密岩鹽往往含有石膏，不易裂碎。岩鹽普通為無色，白色、灰色、或黃色，含有氧化鐵雜質則為紅色；含有氯化銅時，則為藍色或綠色；含有有機物時，則為褐黑色；但加熱燒灼則恢復白色。岩鹽燒灼之火焰為黃色，表示有鈉元素之存在。岩鹽之熔點在 $776^{\circ}\text{C}$ ，起始變成液體，而一部分同時昇華為氣體。岩鹽味鹹，但其中含有硫酸鎂，或氯化鎂時，則略帶苦味，而易吸水潮解。岩鹽易溶於水，一百分水在溫度為 $0^{\circ}\text{C}$ 時可溶解35.57分鹽，在 $20^{\circ}\text{C}$ 時可溶解35.83分鹽，在 $100^{\circ}\text{C}$ 時可溶解39.61分鹽。岩鹽頗不易溶解於酒精中，以95%純度之酒精，僅能溶解鹽量0.17%。

岩鹽成藍褐色之原因，解說不一。有謂岩鹽中含有碳氫有機化合物，有謂由於鹽中含有氯化二鈉( $\text{Na}_2\text{Cl}$ )之故。天然界所常見之岩鹽有(一)成爲葉根狀，易碎，結晶不一致；(二)成爲纖維狀，有光澤透明；(三)成爲粒狀，或細粒；(四)成緻密之大塊；(五)成無光彩疏鬆之粉狀，諸種。

含有純淨氯化鈉之岩鹽無臭味，在空氣中保持其乾燥狀態，但

其中含有氯化鈣或氯化鎂時，則與空氣接觸，易於潮解。岩鹽中除含氯化鈉主要成分外，往往含有氯化鉀、氯化鎂、氯化鈣、硫酸鎂、硫酸鈉、硫酸鈣、氧化鐵、氯化銅、有機碳氫化物、泥渣、滑石等。含純淨氯化鈉之岩鹽較少；大都含有雜鹽，而與石膏常同時存在。波蘭之 Wieliczka 鹽礦及其他數鹽礦，岩鹽中不含石膏雜質者為少數例外。岩鹽礦中常有氣體伴生，普通為碳氫化合物氣體、硫化氫、二氧化碳、氮及氫等。在英國 Middelsborough 地方之附近岩鹽中，與其伴生之氣體含有氫 (argon) 之稀有氣體，其含量佔全氣體 1.24%。

### 第二節 一般鹽水之性質

一般鹽水之性質，可分項簡述如下：

(一) 溶解度：鹽在水中溶解與溫度俱增，但變遷不大，鹽水含鹽成分增加時，則可增高其沸點，而降低其冰點。

一百分水，在不同溫度下可溶解食鹽(飽和)分數如下：

溫 度	溶解食鹽分數	溫 度	溶解食鹽分數
- 15°C.	32.72分	- 5°C.	34.22分
0°C.	35.52分	+ 0°C.	35.74分
+ 25°C.	36.13分	+ 7°C.	37.88分
+ 90°C.	38.87分	+ 100°C.	39.61分
+ 109°C.	40.30分		

根據 Gay-Lussac, Karsten 諸氏試驗結果，關於鹽溶解於水之溶解度得一公式如下：

$$S = 36.2031 - 0.43\sqrt{t} + 0.09344t$$

該公式中  $S$  代表每百分水溶解鹽之分數， $t$  代表溫度(°R.)。由

該公式中可示出鹽之溶解度與溫度變遷不大。

(二) 鹽水之沸點與冰點： 鹽水濃度增加時，可增高其沸點，而降低其冰點，下表示鹽水之濃度與其沸點及冰點。

鹽水含鹽%	沸點(°C.)	冰點(°C.)	鹽水含鹽%	沸點(°C.)	冰點(°C.)
0.0	100	0	1.0	100.21	-0.76
15.0	103.83	-10.99	25.0	107.27	-17.77
28.0	108.43	-19.47	29.5	107.04	

(三) 鹽水之比重與波美度(°Bé)及含鹽百分數之關係： 代表鹽水之濃度，可有四種方法，一為比重；二為含鹽百分數(%)；三為每立方米鹽水含鹽仟克數；四為波美度數；今將其互相折算所得之數字列如下表(鹽水在 15°R. 即 18.75°C.)。

比 重	含鹽百分數	每立方米鹽水含鹽仟克數	波美度數
1.000	—	—	0
1.007	0.959	10.348	1
1.014	1.934	20.925	2
1.021	2.905	31.654	3
1.028	3.875	42.513	4
1.035	4.842	53.482	5
1.043	5.942	66.143	6
1.050	6.900	77.324	7
1.058	7.989	90.207	8
1.065	8.936	101.570	9
1.073	10.012	114.652	10
1.087	11.080	127.833	11
1.089	12.141	141.111	12
1.097	13.195	154.479	13
1.105	14.240	167.937	14

1.114	15.404	189.183	15
1.122	16.437	193.823	16
1.130	17.458	210.545	17
1.140	18.724	227.812	18
1.149	19.853	243.456	19
1.153	20.973	259.198	20
1.167	22.032	275.037	21
1.176	23.183	290.969	22
1.186	24.395	308.781	23
1.195	25.475	324.906	24
1.205	26.630	343.355	25

(四)鹽水之濃度與其蒸發之關係：鹽之水蒸發，與其濃度及溫度最有關係。鹽水愈淡及溫度愈高，則水分愈易蒸發。反之，鹽水愈濃，溫度愈低時，則愈不易蒸發。此種關係，對於利用枝條壁曬鹵臺加濃鹽水之過程，頗為重要。據 Bischof 及 Karsten 二氏試驗結果，關於鹽水之蒸發與濃度得一公式(溫度在 18.75°C.)列之於下：

$$V = 14.78 - 23.8184S + 10.02932S^2.$$

該公式中  $V$  代表鹽水蒸發之速度， $S$  代表鹽水之濃度，即以其比重計算。

### 第三節 礦鹽水之性質

礦鹽水係指由地下或岩石中流出或汲出之鹽水，主要成分為氯化鈉，但氯化鎂、氯化鉀與硫酸鈣等常與之伴生，故礦鹽水之化學成分，與岩鹽溶解於水中之化學成分，無大差別，但往往礦鹽水中含有之化學成分，更較為複雜。我國四川自流井所產之黑鹽水及黃鹽

水，皆可稱之爲礦鹽水，因其皆爲天然產，由地面下汲取而得故也。一般天然產礦鹽水，濃度愈高者，則較爲純淨，即含其他雜鹽化合物爲較少。例如礦鹽水濃度含鹽成分在 20% 以上者，往往含有其他雜鹽僅 2—3%。而濃度較低之礦鹽水，則含雜鹽之百分數，往往甚高。例如我國自流井黃鹽水較黑鹽水濃度爲低，而黃鹽水之純度，亦遠不及黑鹽水爲佳。由黃鹽水煮鹽時，剩餘母液（祖水）較多之事實，可以證明。

礦鹽水汲出時之溫度，較當地氣候之溫度爲高，普通礦鹽水之溫度由攝氏表十餘度至四十餘度，亦有高至六十餘度者，如法國 Elsass 省 Pechelbronn 地方所產之礦鹽水，可稱之爲鹽溫泉。一般在地層下愈深之鹽水，其溫度愈高，而含鹽之濃度（或比重）亦愈增。

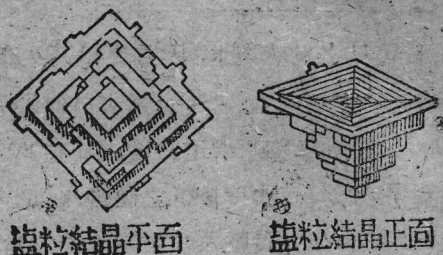
據分析各地礦鹽水之結果，其含有之化學成分，頗不相同。有含此而無彼者，亦有含彼而無此者。但其可能含有之無機化學成分爲氯化鈉、氯化鉀、氯化鈣、氯化鎂、硫酸鉀、硫酸鈉、硫酸鈣、硫酸鎂、碳酸鈣、碳酸鎂、碳酸鐵、碳酸錳、溴化鎂、溴化鉀、碘化鉀、二氧化矽、二氧化鋁、氯化鋇、硼酸鹽等。至於各雜鹽對於礦鹽水煮鹽時之影響，當於後文「鹽水之清淨」中再詳之。

#### 第四節 食鹽與氯化鈉之性質

此處之所謂「食鹽」係指將鹽水蒸發，煮得結晶之鹽。普通爲六面體之結晶。蒸發時之溫度愈低，則結晶粒愈大，溫度高而攪動時，則結晶粒愈小（此係指平板開口鍋煮鹽而言，真空鍋煮鹽時則不在此例），溫度較低而鹽水在鍋內甚平靜時，所得之結晶鹽粒，能慢慢

長大，生成之形狀如第一圖。

煮鹽時，溫度及攪動之不同，結晶之鹽粒，可分為大粒鹽，中粒鹽及細粒鹽。又可分為硬粒鹽，及鬆粒鹽。硬粒鹽者，謂



第一圖 鹽粒結晶形之構造

結晶顆粒較大而規則，故較硬。鬆粒鹽者為顆粒甚小，而結晶極不規則，亦即代表細粒鹽也。普通日常食用之鹽，以細粒鹽，或鬆粒鹽為主。而醃魚肉菜時，所用之鹽則以大粒鹽為宜。但亦有因地方習慣之不同，有喜食大粒鹽者。

由鹽水蒸發結晶所得之食鹽，除含氯化鈉為主要成分外，常多少含有硫酸鈣（即石膏）、氯化鎂、或氯化鉀、或硫酸鈉等。此外含有極微量之溴化鉀及碘化鉀。後者對於人類，不但無害，反而有益。故缺碘溴之食鹽，往往用人工方法，加入之。品質較佳之食鹽，亦稱之為精鹽，為潔白色，純鹹味，在空氣中不易潮解，溶解於水，可無殘渣。比重為 2.0—2.1 之間，含氯化鈉至百分之百者，稱之為純鹽，可供化學分析及醫藥之用。

鹽水中含有磷酸鹽雜質時，則蒸發後，可得八面體（普通為六面體）之結晶鹽粒。

純氯化鈉之化學組成為鈉(Na)及氯(Cl)。重量比例數為鈉 39.34 分，氯 60.61。鈉之原子量為 22.99 或 23，氯之原子量為 35.37，或 35.5，故氯化鈉之分子量為 58.5。在普通溫度下為無水結晶體。但氯

化鈉在 $-10^{\circ}\text{C}$ .結晶時，則含四分子水( $\text{NaCl}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )，爲板片結晶狀。氯化鈉灼熱至 $776^{\circ}\text{C}$ .時，則熔化爲液體，而能變爲氣體，如遇硫酸蒸氣時，則有氯化氫( $\text{HCl}$ )生成。普通使一克重水升高 $1^{\circ}\text{C}$ .時，需用一卡(cal.)熱量。使一克重氯化鈉，升高 $1^{\circ}\text{C}$ .時，則只需用 $0.2140$ 卡熱量。氯化鈉亦能導熱，較硫酸鈣導熱爲佳。氯化鈉爲地球上常見化合物之一種，亦爲化學工業之基本原料，因其存在較廣，故價格亦較爲低廉。

### 第五節 鹽與鹽水成分之化學分析

鹽與鹽水之化學分析屬於酸根方面者爲(1)碳酸根及遊離之碳酸，(2)硫酸根，(3)氯，(4)溴，(5)碘，其餘較次要者爲(6)硼酸根，(7)磷酸根，(8)硝酸根，(9)矽酸根。屬於鹼根方面之化學分析爲(1)鈣，(2)鎂，(3)鉀，(4)鈉，(5)鐵，其餘較爲次要者爲(6)銻( $\text{Sr}$ )；(7)鋰( $\text{Li}$ )；(8)銣( $\text{Rb}$ )；(9)銫( $\text{Cs}$ )；(10)鉍( $\text{Tl}$ )；(11)錳( $\text{Mn}$ )；(12)銦，(13)氧化鋁；其餘應分析者爲水分、結晶水、及有機物等。氣體方面應鑑定者爲氫，一氧化碳、碳氫化物，硫化氫等。其他如亞硫酸根、錳、鋇等亦應注意。但鹽與鹽水之一般化學分析，則只鑑定硫酸根、氯根、碳酸根、鈣、鎂、鉀、鈉、鐵；於母液中則往往鑑定溴、碘。酸根與鹼根鑑定已知後，如何聯合其成各化合物時，則碳酸根先與鈣合成或與鐵合成爲酸或碳酸鈣等；再多餘之碳酸根，則成爲碳酸鎂。遊離碳酸根，則另行鑑定，或由總量求出之。硫酸根之第一項化合物鋇、鈣，其餘爲鈉、鉀、鎂等。鹽水中之氯化鈉與硫酸鎂三化合物頗難固定。大概在低溫度時，則成爲硫酸鈉與氯化鎂存在，高溫度時，則成

爲氯化鈉與硫酸鎂存在。根據此項變遷原理，吾人於冬日可由鹽水母液中製取芒硝（硫酸鈉）及氯化鎂也。溴與碘則與鎂或鈉合併，成爲溴化鎂、碘化鎂，或溴化鈉與碘化鈉。今再將鹽與鹽水之分析分爲（一）岩鹽、海鹽與煮鹽之分析；（二）鹽水之定性分析；兩項分述之。

（一）岩鹽、海鹽與煮鹽之分析：（1）水分之鑑定。取壓碎之細鹽粒，入乾燥器中，在  $130^{\circ}\text{C}$ . 下乾燥之，前後相差之重量，卽爲含水量，然後再按鹽水分析方法，分析其餘化合物。（2）不溶物。將鹽樣溶解於水中，其不溶解者爲矽酸根、三氧化鋁、氧化鐵，及石膏等。因不溶物較少，故只定其總量，而不個別分析之。

（二）鹽水之定性分析：（1）二氧化碳及碳酸根。將鹽水蒸餾，使逸出之二氧化碳氣導入氫氧化鉀溶液中，然後稱氫氧化鉀溶液所增加之重量卽得。碳酸鈣、碳酸鎂爲沉澱物。碳酸鉀與碳酸鈉可用氯化鋇或氯化鈣以沉澱之。（2）硫酸根。先將鹽液，略加鹽酸，使其帶酸性，加熱煮沸，加入過濾稀薄之氯化鋇溶液，常常攪動，沉澱物爲硫酸鋇，則可算得硫酸根量。（3）氯、溴、碘之分析。氯之鑑定較易，係將鹽液中加入硝酸及鉻酸鉀指示劑，然後用硝酸銀標準溶液滴定之。溴及碘在鹽水中存在量較少，故先將鹽水蒸發加濃，使其他雜鹽結晶分出，用酒精提洗數次，溴、碘化合物溶解。將此溶液在溫熱下略加水，使酒精液在水中溶解。取此溶液一部分加入醚及氯水（氯氣溶解於水中者），若有溴、碘存在時，則搖動此混合溶液，可生成黃至褐色溶液。若此帶黃褐色醚溶液，置數日後而無色時，則證明只有溴之存在。碘之存在與否，可用澱粉試之，有碘存在時，可變爲藍色。溴醚液中是否含碘，可用二硫化碳溶劑，將碘溶解，溴則存留於醚液中，由醚

之二硫化鐵之顏色示出之。(4) 硼酸根。將鹽液中加入碳酸鉀溶液，蒸濃後加鹽酸溶液，然後用 Curcumin 試紙試之。若此試紙乾燥後為紅褐色，可示有硼酸根之存在。(5) 有機物及不溶物。鹽水中之有機物，可用高錳酸鉀溶液滴定之。鹽液中之不溶物，加入鹽酸溶液而蒸乾之。矽酸可以分出，然後加水及鹽酸溶液溶解，多加水使硫酸鈣溶解。將溶液過濾，沉澱物為二氧化矽，將濾液中加銨水使呈鹼性，沉澱物為氫氧化鋁及氫氧化鐵。(6) 鋇、鈣、鎂。將鹽液加鹽酸，使呈酸性，加入稀硫酸，加熱並靜置，有白色沉澱物則為硫酸鋇。將硫酸鋇過濾分離後之濾液，加氨水鹼化，加熱，再加乙二酸銨，沉澱物過濾灼燒以得氧化鈣。將鈣分離後之濾液，加入硫酸銨銨溶液，有白色沉澱物，則為焦磷酸鎂 ( $Mg_2P_2O_7$ )。(7) 鉀與鈉。將定鎂後之濾液，先加鹽酸，使帶酸性，再加氯化鋇，以去硫酸根，再加銨水，以去氯化鈣及氯化鎂試液中之二乙酸基及磷酸根；再加碳酸銨以去鋇、鈣、鎂等物，過濾後之溶液，加鹽酸中和，然後於白金鍋中蒸乾，加過氯酸而蒸之，使成氯鹽酸，稱其氯酸鉀鈉之總重量。然後將此混合物在白金鍋中溶解，加入氯化鉑溶液，蒸發至乾，用 88% 純度酒精，及內含五分之一醚之混合溶液，加入此乾固物中，則鉑氯化鉀 ( $PtK_2Cl_6$ ) 不溶解，過濾後，於  $120-125^{\circ}C$ . 下乾燥之，可得鉑氯化鉀之重量，以算得氯化鉀之含量。氯化鈉量係由二者總合中減去氯化鉀含量即得之。(8) 銣 (Rb)、銿 (Cs)、及銩。此三種稀有元素，亦可由氯化鉑法使其沉澱分離，再用含醚酒精溶解之。亦有用火焰顏色，或分光鏡以鑑定銣、銿、及銩之存在者。

### 第三章 鹽水之取得輸送及儲存

#### 第一節 鹽水之來源

食用之鹽，大都係由鹽水中製得。其品質較直接由礦岩鹽中所得者為佳，是以鹽水為製取食鹽之來源，而礦岩鹽大都為牲畜及工業用鹽之來源。

製取食鹽所用之鹽水，來源可有多種。最常見者為沙漠或荒野之鹽水湖，夏日由於水分之蒸發，而鹽結晶分出，可為食用。其次海洋邊岸之海水，亦為食鹽之最大來源。各處海岸之海水，含鹽量各有不同，內陸死海之海水，含鹽成分，較與大洋連接之海水為高，由海水之比重可測知之。此外海岸地層及地形之構造，以及氣候之乾溼，對於海水製鹽，關係更大。

除上述鹽水湖及海水為製取食鹽之來源外，尚有下列各種鹽水之來源，亦為常見而甚重要者。

(一) 由地自動湧出之鹽泉(或鹽水)。

(二) 天然之鹽泉(或鹽水)，係經人工尋獲取得者，其尋獲取得方法，或係打礦洞，或係鑽深井，或用其他開礦方法。

(三) 將岩鹽加水溶解，以得鹽水，溶解方法或利用井眼，打入岩鹽層，將淡水灌入；或將岩鹽層，用開礦法採出，然後再加淡水溶解。