

e 14-17

天然水的分析方法

A. A. 列兹尼科夫 合著
E. П. 穆里科夫斯卡娅



地质出版社

211

0642

0661

3599

天然水的分析方法

A. A. 列 兹 尼 科 夫

合 著

E. П. 穆里科夫斯卡娅

地质出版社

1957·北京

А. А. РЕЗНИКОВ
Е. П. МУЛИКОВСКАЯ
МЕТОДЫ АНАЛИЗА
ПРИРОДНЫХ ВОД

Госгеолтехиздат

Москва-1954

書中扼要地介紹了一些最重要的水的分析方法，并且根据水的类型、野外及固定的工作条件，以及在迅速和准确方面的要求等，对每个分析項目都列举了几种不同的分析方法。同时鑑于水化学分析中pH值 E_h 及其他用电势法的測定有重要的意义，因而这些測定方法占了較長的篇幅。

全書由李善芳、康繼本和謝學錦三同志譯出，謝學錦統校。

天然水的分析方法

著 者 A. A. 列 茲 尼 科 夫
E. П. 穆 里 科 夫 斯 卡 娅
譯 者 李 善 芳 等
出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号
北京市書刊出版業營業許可証出字第050号

發 行 者 新 華 書 店
印 刷 者 地 質 印 刷 厂

北京廣安門內教子胡同甲32号

編輯：刘大有 技術編輯：湯 健 校對：洪梅玲
印數(京)1—3,300册 1957年6月北京第1版
開本 $31'' \times 43''^{1/25}$ 1957年6月第1次印刷
字數210,000 印張 $99^{2/25}$
定價(10)1.20元

目 錄

原序	7
緒言	9
1. 天然水分析結果的表示式	10
2. 天然水的化學分類, 圖表、圖、特性係數	13
a. 根據陰離子陽離子對比的分類。б. 托爾斯齊欣天然水號碼法。в. 蘇林圖。г. 舒卡列夫分類法。д. 阿列金的分類法。е. 亞歷山大洛夫的分類法。ж. 庫爾洛夫公式。з. 圓圈形圖和長方形圖。и. 特性係數	
3. 分析用水樣之採取	28
4. 專門樣品的採取	30
a. 測定二氧化碳總量用的樣品。б. 測定侵蝕性二氧化碳用的樣品。в. 測定硫化氫水中 $\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^-$ 與 SO_4^{2-} 總量用的樣品。г. 測定鐵的樣品。д. 測定溶解氧的樣品	
5. 野外水化學分析箱	34
a. 在步行路線中分析水用的野外分析箱。б. 1950年型的野外水化學分析箱。в. 測定不穩定組份的野外分析箱。г. 測定油田水中特殊組份的野外分析箱	
6. 天然水的光電比色分析	52
7. 物理性質的測定	55
a. 溫度的測定。б. 透明度的測定。в. 懸浮物的測定。г. 測定沉澱與靜置時水的變化。д. 色度的測定。е. 測定氣味。ж. 味及余味的測定。з. 比重的測定: (1) 用比重計測定, (2) 用比重瓶測定。 (3) 按比重測定水的近似礦化度。	
8. 氫離子濃度(pH)之測定。于天然水中測定 pH 值之意義	61
溶液 pH 值的一般概念。	63
A pH 的比色測定	65
a. 指示劑溶液之配制。б. 配制制备緩沖混合物之溶液。в. 緩沖溶液的配制。	

r. 由緩沖溶液配制标准系列。л. 利用緩沖混合液标准系列测定pH之步驟。	
e. 校正概論。ж. 用阿利亞莫夫斯基通用指示剂测定pH的步驟。	
B. 测定pH的电势法。.....	75
a. 测定原理。б. 用氢电极与氢醌电极测定pH。в. 用玻璃电极测定pH。	
9. 氧化-还原电位(E_h)的测定	86
10. 游离二氧化碳的测定	87
a. 容量法测定。б. 气量法测定。в. 重量法测定。г. 用計算法确定游离 CO_2	
.....	94
11. 侵蝕性二氧化碳的测定 (水为碳酸鈣“飽和”的不足量)	97
a. 实验法测定的过程。б. 用圖表來計算侵蝕性二氧化碳的含量	
12. 水中溶解氧的测定	100
13. H_2S , HS^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 及 SO_3^{2-} 的测定	102
a. 定性测定。б. 测定能被碘所氧化的硫的总量 ($\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^- + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{SO}_3^{2-}$)。	
в. 特殊取样时 $\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^-$ 总量的测定。г. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} 及 $\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^-$ 离子共同存在时的测定。д. 以烏愛爾巴赫公式区分 $\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^-$ 总量。e. 按pH值区分 $\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^-$ 总量。	
14. 強礦化水与鹽水分析的总則	108
15. 干燥殘渣的测定	109
a. 用苏打测定。б. 用硫酸测定。	
16. 矽酸的测定	111
a. 重量法测定。б. 比色法测定。	
17. 鉄的测定	114
a. 用赤血鹽测定 Fe^{2+} 离子的野外比色法。б. 用 α, α' -联氨苯测定 Fe^{2+} 。	
в. Fe^{2+} 离子的容量测定。г. Fe^{3+} 离子的野外比色测定。д. Fe^{3+} 离子的磷酸水楊酸测定法。e. Fe^{3+} 离子的硫氰酸鹽测定法。ж. 鉄之总量的测定 ($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} +$ 与有机化合物結合的 $\text{Fe} +$ 膠狀鉄)。з. 用鋅汞齐还原法测定鉄。и. 倍半氧化物 (R_2O_3) 总量的测定以及其中鉄之总含量的测定。	
18. 鋁离子的测定	120
19. 錳离子的测定	121
20. 銅、鈹、鋅、鉛、鎘、鎳及鈷之测定	122

- a. 微量銅、鈹、鋅、鉛、鎘的快速測定。б. 事先用二苯硫卡貝松分離金屬的測定銅、鈹、鉛、鎘及鋅的極譜方法。в. 事先用二硫乙二胺分離金屬的測定銅、鎘、鎳、鋅及鈷的極譜方法
21. 鈣離子的測定.....128
a. 草酸鹽法。б. 將鈣以 CaSO_4 形式分離 (古巴列娃 E. M. Губарева 方法)。в. 布蒂林氏比濁法。г. 根據計算測定鈣。
22. 鎂離子的測定.....132
a. 磷酸鹽重量法。б. 8-羥基喹啉的容量測定。в. 容量測定 (用鹽酸滴定 MgNH_4PO_4 沉淀)。г. 軟脂酸鹽容量法。д. 根據計算的測定方法。
23. 硬度的測定.....136
a. 用軟脂酸鹽法測定總硬度。б. 用脫利隆滴量法測定總硬度。в. 用 0.1N $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液之混合液測定硬度。г. 碳酸鹽硬度的測定。д. 可除硬度的測定。
24. 鋁離子的測定.....144
25. 鈉鉀離子總和以及鈉離子的測定.....145
a. 根據計算測定 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 。б. 直接測定 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 總和。в. 測定鈉的醋酸氧鈉方法。г. 極譜法測定鈉 Na^+ 。
26. 鉀離子的測定.....150
a. 鈷亞硝酸鹽法 (重量法)。б. 鈷亞硝酸鹽法 (比濁法)。в. 氯鉍酸鹽法。г. 二苦味鹽法。
27. 鋰離子的測定.....154
a. 重量法測定 б. 極譜測定。
28. 銨離子的測定.....156
a. 野外測定。б. 在固定條件下測定。
29. 總鹼度, CO_3^{2-} 及 HCO_3^- 離子的測定.....158
a. 總鹼度的測定 б. 不含 CO_3^{2-} 離子時 HCO_3^- 離子的測定 в. CO_3^{2-} 及 HCO_3^- 離子共存時的測定。
30. 游離無機酸的測定.....162
31. 硫酸根離子的測定.....166
a. 重量法測定。б. 用鉻酸鉍的碘量測定法。в. 用軟脂酸鉀的容量法測定。г. 比濁測定法。д. 布蒂林比濁測定法。

32. 氯离子的測定	171
a. 重量法測定。б. 用鉻酸鉀作指示剂的銀液滴定法。в. 用硫氰酸銨滴定過剩的銀來測定 Cl^- 。г. 比濁測定法。д. 汞量滴定法測定: (1) 用亞硝基鐵氰化鈉測定 (2) 用二苯偕肼測定。е. 亞汞滴定法測定。	
33. 碘离子与溴离子的測定	178
a. 碘离子比色法。б. 碘离子与溴离子的碘量法測定。в. 用品紅硫酸比色法測定溴离子。г. 巴宜契柯夫法測定溴离子。д. 螢光黃比色法測定溴。е. 溴离子的電勢測定法。ж. 溴离子的極譜測定。	
34. 氟离子的測定	190
35. NO_3^- 离子的測定	193
a. 用馬錢子檢作定性測定。б. 用格里斯試剂作定性測定。в. 酚二磺酸的比色測定。г. 容量測定。д. 半微量比色測定。	
36. NO_2^- 离子的測定	198
a. 用于試剂的野外測定法。б. 用試剂溶液進行測定。	
37. 氧化度的測定	200
a. 在酸性介質中進行測定。б. 在碱性介質中進行測定。в. 在碱性介質中根据斯科平采夫的碘量終點測定。	
38. 环烷酸的測定	201
a. 重量法測定。б. 容量法測定。в. 比濁測定法。	
39. 硼酸的測定	207
a. 定性測定。б. 胭脂紅比色測定。в. 容量法測定。г. 事先蒸餾的容量法。	
40. 砷的測定	211
41. 磷的測定	213
42. 檢查分析	214
参考文献	217
附錄1. 野外水分析計算表	221
附錄2. 將离子毫克数換算为毫克当量数及毫克分子数所用乘数表	227
附錄3. 將离子毫克数換算为毫克当量数用表	229
附錄4. 國際原子量表 (1952年)	282
附錄5. 國定全苏标准鉛字样本3351—46	234

原 序

本書的編纂是為了對地質機構實驗室作實際指導之用。同時亦可用在其他和天然水的研究與利用相關的各項工作領域中。

作者不企圖敘述所有已知的水化學分析方法，而僅闡明那些被推崇並值得注意的方法。

本書根據未知成分的含量，水的類型，野外的或固定的工作條件，以及在迅速和準確方面的要求等，對每個測定項目列舉了幾種不同的分析方法。

鑑於水化學分析中，pH值， E_h 和其他用電勢法的測定有着重要的作用，因而電勢法在本書內就比其他物理化學分析方法給予了更多的注意。

本書對極譜分析法並未述及其分析的理論和儀器部分，否則將大為增加沒有特殊必要的篇幅；在本書內僅指出關於這樣問題的易于獲得的專門文獻。

以與敘述極譜分析法同樣的篇幅來敘述光電比色法。

本書頗為詳盡地介紹了野外水化學分析室以及野外分析方法，因其在地质普查和勘探工作的實踐中起着重要的作用。

本書簡單扼要地介紹了最為通用的天然水各種化學分類法，以便能對它有一概括性的認識。

莫拉契夫斯基教授(проф. Ю. В. Морачевский)對本書作了校閱，托爾斯齊欣教授及蘇聯通訊院士И. Е. 斯大里克教授(проф. И. Е. Старик)提供了許多寶貴的意見和建議，作者謹在此向他們表示謝忱。

作者誠懇而感激地接受所有對本書中的錯誤和缺點的指正。

緒 言

天然水是組成複雜，濃度相差很大(从每升数拾毫克到数百克)的溶液。因而天然水的定性与定量組成就極為变化无常。天然水的組成是由于淋蝕，蒸發，凝聚，离子交換，气体的吸收与逸出，有机体的生活，有机体的生命活动及其解体的產物以及其他水和岩石，土壤，气体相互作用的过程中所形成的。

由于水的溶解力和其流动性，使得它成为在地壳内元素重新分配的地球化学过程中極為重要的因素。

可溶性物質在水中通常成为离子，气体，不解离的分子及膠体状态而存在。大多数已知的元素都可在天然水中找到。

作为天然水組成的元素可划分为下列四組。

I組—構成溶解于水中物質基本質量的元素：K, Na, Ca, Mg, Cl, S, O, H, C, Si。

II組—通常在特殊成分的水中以微量或大量存在的元素：Li, Rb, Cs, Sr, Ba, Pb, Ni, Co, Zn, Cu, Mn, Fe, Al, Br, I, F, B, P, As。

III組—罕有和極少量的元素：Cr, Tl, In, Ga, Ge, Zr, Ti, V, Hg, Bi, W, Se, Te, Mo, Ag, Au, Pt, Sn, Sb。

IV組—由放射性元素所組成。

天然水按礦化度可分为五組：

組	克/升
淡水·····	1以下
弱微鹽水·····	1—3
强微鹽水·····	3—10
鹽水·····	10—50
强鹽水·····	大于50

根据一系列特征，主要是医疗作用，在天然水中有很大一组是属于矿物水。下列特征之一或其全部即为矿物水的特性：

1. 含有相当量的可溶性气体—— H_2S , CO_2 , N , O , CH_4 。
2. Br , I , As , Fe , Li 等含量增高。
3. 含有放射性元素。
4. 物理性质及化学组成基本上稳定。

1. 天然水分析结果的表示式

天然水是已解离为离子的盐的较稀溶液。

天然水分析结果的主要表示式为离子式。同时任一离子的含量均用一升水中克或毫克数来表示。对矿化水或盐水，则用每千克水中所含克数或百克水中所含克数来表示。

然而表示分析结果的离子式不能把天然水的性质完整地表达出来。因而除了离子式外，尚利用毫克当量式来表示分析的结果，这种表示法能很完整地反映出水中溶解物质的内部化学本性以及反映出水的重要性质。将一升水中各种离子的毫克数除以相应的当量，就可使以离子式表示的分析结果转换为毫克当量式。而所得之值称之为毫克当量。在溶液中阳离子的毫克当量总和应与阴离子的毫克当量总和相同，因为每一当量的阳离子必有一当量的阴离子与之相适应。

对矿化度不同的水分析结果进行比较时，为了得到比值，我们总是将毫克当量换算为百分当量。

可用下述方法来换算为百分当量。将分析时所得的阳离子和阴离子的毫克当量总和各当作 100，然后将每种离子的相当的当量数计算为百分率。

例 阳离子或阴离子的毫克当量总和为 10.59，现把它当作 100，根据表 1 中所列的分析数据，用比例的方法来计算离子的百分当量数，下面是以 Ca^{2+} 作为例子：

$$10.59—100$$

$$4.75—x$$

$$x = \frac{4.75 \times 100}{10.59} = 44.86$$

用同样的方法也可计算出其余离子的百分毫克当量。

以毫克/升, 毫克当量及%当量来表示的水分析结果

表 1

离 子	毫克/升	毫 克 当 量	% 当 量
Ca^{2+}	95.3	4.75	44.86
Mg^{2+}	42.4	3.48	32.86
K^+	15.5	0.40	3.78
Na^+	45.1	1.95	18.50
总 和	198.3	10.59	100.0
SO_4^{2-}	18.9	0.39	3.68
Cl^-	3.2	0.09	0.84
HCO_3^-	177.0	10.11	95.48
总 和	639.1	10.59	100.0

以鹽式來表示水分析結果是帶有假定性的, 因為被用計算的鹽是假想的鹽。

但在有些情況下例如在分析鹽水及礦化水時, 這種表示法亦被採用。如果想將分析結果表示為假想的鹽式, 需遵循下列方案。

1. Br^- , I^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, HS^- 與 Na^+ 結合成 NaBr , NaI , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, NaHS 。

2. Sr^{2+} 和 Ba^{2+} 與 HCO_3^- 結合成 $\text{Sr}(\text{HCO}_3)_2$ 和 $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ 。

如果無 HCO_3^- 離子則 Ba^{2+} 與 Cl^- 結合成 BaCl_2 , 而 Sr^{2+} 與 SO_4^{2-} 結合成 SrSO_4 , 在無 SO_4^{2-} 時與 Cl^- 結合成 SrCl_2 。

3. NH_4^+ , Rb^+ , Cs^+ 與 Cl^- 結合成 NH_4Cl , RbCl , CsCl 。

4. Li^+ 與 HCO_3^- 在鹼性水中結合成 LiHCO_3 , 而在其他水中, 則與 Cl^- 結合成 LiCl 。

5. 鋁在一般的水中以 Al_2O_3 狀態存在, 在 $\text{pH} < 4.0$ 的含礬水中, 與 HPO_4^{2-} 結合成 $\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$; 其餘的鋁則與 SO_4^{2-} 結合成 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

6. HAsO_4^{2-} 與 Ca^{2+} 結合成 CaHAsO_4 。

7. 氧化亞鐵在含有酸性碳酸根離子的水溶液中，與 HCO_3^- 結合成 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ，而氧化高鐵則以 Fe_2O_3 形式存在。

在含礬水中，鐵與 SO_4^{2-} 結合成 FeSO_4 與 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

8. 矽酸常以 H_2SiO_3 形式存在，在 pH 值高於 8.5 的水溶液中，則為 HSiO_3^- 離子形式。在此情況下換算為鹽式所需遵循的方案，載於 11 節內。此時 HSiO_3^- 離子處於 SO_4^{2-} 與 HCO_3^- 之間。

9. 硼酸常以 H_2BO_3 形式存在。

10. 游离二氧化碳和硫化氫存在的形式為 CO_2 、 H_2S 。

11. 其餘離子的結合則根據下列簡表：

陰 離 子	陽 離 子
NO_3^-	K^+
Cl^-	Na^+
SO_4^{2-}	Mg^{2+}
CO_3^{2-}	Ca^{2+}
HCO_3^-	Fe^{2+}
OH^-	Mn^{2+}
	(其他重金屬)
	H^+

茲將已援引於表 1 的水分析結果換算為鹽式列成表 2。

以假想鹽式表示水分析的結果

表 2

假 想 鹽	毫克 / 升	毫克 / 當量
KCl	6.8	0.09
K_2SO_4	27.3	0.31
Na_2SO_4	5.6	0.08
NaHCO_3	158.0	1.88
$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	254.7	3.48
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	385.0	4.75
總 和	837.4	10.59

① 根據第 62 頁的表可得到有關各種弱酸在不同 pH 值的水中存在形式的一般概念。

2. 天然水的化学分类, 图表、圖、特性系数

由于天然水化学组成的多样性就有必要将其系统化和分类。下面簡略地介绍几种在水化学工作中經常采用的分类法。

(a) 根据陰离子陽离子对比的分类

这种分类法名为帕耳美尔分类法。是按照引起天然水特性的各个陰陽离子組的对比为原则而構成的。共分为五組陽离子和陰离子以及六項特性。分析数据以百分当量的形式來表示。

陽离子組和陰离子組

- a 組——是碱金屬($\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Li}^+$)陽离子百分当量的总和。
- e 組——是碱土金屬($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Ba}^{2+}$)陽离子百分当量的总和。
- S 組——是强酸($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$)陰离子百分当量的总和。
- A 組——是弱酸($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{HS}^- + \text{HSiO}_3^-$)陰离子百分当量的总和。
- m 組——是氢和重金屬($\text{H}^+ + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ 等)陽离子百分当量的总和。

水的特性

1. 第一碱度 A_1 (碱度) 由于碱金屬的酸性碳酸鹽和碳酸鹽所引起。
2. 第二碱度 A_2 (暫硬度及碱度) 由于碱土金屬的酸性碳酸鹽和碳酸鹽所引起。
3. 第三碱度 A_3 (碱度) 由重金屬的酸性碳酸鹽所引起。
4. 第一鹹度 S_1 (鹹度) 由碱金屬的硫酸鹽和氯化物所引起。
5. 第二鹹度 S_2 (鹹度及永硬度) 由碱土金屬的硫酸鹽和氯化物所引起。
6. 第三鹹度 S_3 (酸度) 由重金屬的硫酸鹽和氯化物所引起。

闡明帕耳美尔六項特性的水的性質圖解如圖 1 所示。

帕耳美尔分水为五級

- I. 强酸陰离子的百分当量总和小于碱金屬陽离子的百分当量总和: $S < a$ 。

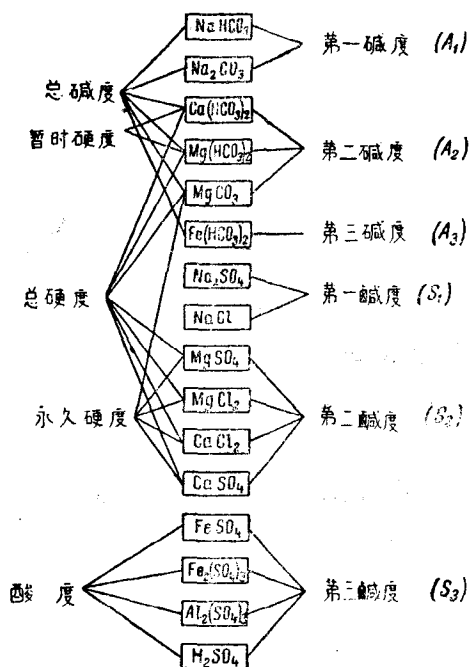


圖 1. 水的性質圖解

Ⅱ. 強酸陰離子的百分當量总和等于碱金屬陽離子的百分當量总和： $S=a$ 。

Ⅲ. 強酸陰離子的百分當量总和大于碱金屬陽離子的百分當量总和而小于碱金屬和碱土金屬陽離子的百分當量总和： $a+e>s>a$ 。

Ⅳ. 強酸陰離子的百分當量总和等于碱金屬與碱土金屬陽離子的百分當量总和： $S=a+e$ 。

Ⅴ. 強酸陰離子的百分當量总和大于碱金屬和碱土金屬陽離子的百分當量总和： $S>a+e$ 。

五級水中每一級水至多只能具有四項特性（見表 3）。

帕耳美爾五級水的性質

表 3

級 別	特 性	級 別	特 性	級 別	特 性
I	第一碱度 S_1 第一碱度 A_1 第二碱度 A_2 第三碱度 A_3	II	第一碱度 S_1 第二碱度 A_2 第三碱度 A_3	III	第一碱度 S_1 第二碱度 S_2 第二碱度 A_2 第三碱度 A_3
IV	第一碱度 S_1 第二碱度 S_2 第三碱度 A_3			V	第一碱度 S_1 第二碱度 S_2 第三碱度 S_3

第一級是碱性水，是由于火成岩風化產物溶解时鈉交換吸附鈣的作用所形成。可作为油田水的特征。

第二級介于第一和第三級之間。

第三級是具有永硬度和暫硬度的水。如風化壳中的水。

第四級是僅具有永硬度的水。包含大量碱金屬的氯化物和硫酸鹽。如海水，鹽湖水。

第五級是酸性水。含有鐵，鋁及其他重金屬的硫酸鹽。礦床氧化帶的水。

按帕耳美尔分类法來換算分析結果可根据上述原則將陰陽离子的百分当量相配合而得。現將表一中所列的分析結果举例換算如下：

第一鹹度 $3.68 + 0.84$	4.52
第二及第三鹹度	沒有
第一碱度 $(18.50 + 3.78) - 4.52$	17.76
第二碱度 $44.86 + 32.86$	77.72
	100.0%

这样的水应归入第一級。

計算应按下列公式進行：

第一級	第二級	第三級
$S_1 = S$	$S_1 = S = a$	$S_1 = a$
$A_1 = (a - S)$	$A_2 = e$	$S_2 = (S - a)$
$A_2 = e$		$A_2 = A$
第四級	第五級	
$S_1 = a$	$S_1 = a$	
$S_2 = e$	$S_2 = e$	
	$S_3 = (S - a - e)$	

帕耳美尔分类法能將很多化学組成不同的天然水归併为少数几个組。同时这种分类法是相当有系統的。

在五級水中每一級水的範圍內，水的成分有很大的差異。如把硫酸鹽和氯化物归併入同一組內就不可能区分地質条件不同的，广泛分布的氯化物水和硫酸鹽水。

第二級很容易在分析水时由于可能產生的誤差而致消失。在第四級中不含 HCO_3^- 及 CO_3^{2-} 离子，但在实际上屬於該級的海水中却含有

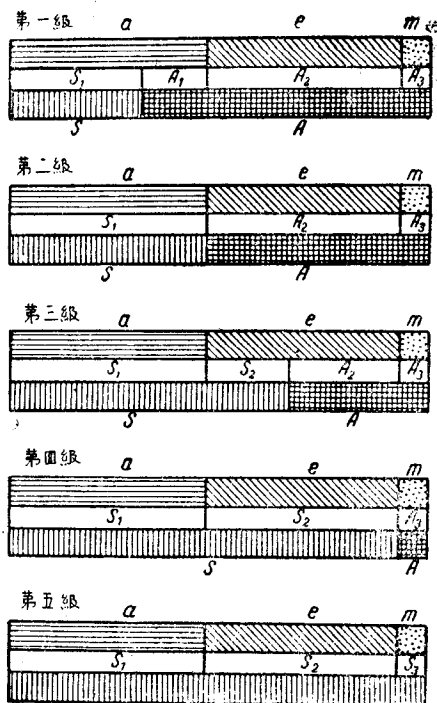


圖 2. 帕耳美爾五級水的圖表

為“天然水號碼法”(1937)，這種分類法不僅將水劃分為若干組，同時可普遍運用到自然界中所有的各種各樣水上去。

所謂號碼法就是把計算而得的陽離子組和陰離子組： $a, e + m, S$ 和 A 的百分當量填于如圖3所示之圖上。

圖表為一正方形，在其垂直方向與水平方向各分為10行，這樣就形成了100個小正方形。每個小正方形均標上號碼。可用下列方法來確定水的號碼。

在正方形的水平方向上，自左至右標記 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}$ 的百分當量總和即標記 $e + m$ ，或自右至左標記 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 的百分當量總和即標記 a 。在正方形的垂直方向上，自下而上標記 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 的百分當量總和即標記 A ，或自上而下標記 $\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$ 的百分當量總和即標記

這些離子。

可採用圖表來表示帕耳美爾對天然水的分類法(圖2)，這種圖表是由三條相等的水平小柱所組成，每條均分為100等分。在最上面的小柱上填上陽離子($\text{K} + \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 及其他重金屬)的百分當量，在最下面的小柱上填上陰離子($\text{NO}_3^-, \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^-, \text{CO}_3^{2-}$)的百分當量。而在中間的小柱上則填上水的特性。

(6) 托爾斯齊欣天然水號碼法

托爾斯齊欣的分類法名