

地下水化学分析 資料整理指南

ПРОФ. П. П. КЛИМЕНТОВ 著

高等教育出版社



地下水化学分析資料整理指南

(附換算表25个)

проф. П. П. Климентов 著

高等教育出版社



本指南是根据苏联专家克利門托夫教授（проф. П. П. Климентов）的講稿“地下水化学分析資料整理指南”“Методическое руководство по обработке химических анализов подземных вод”（С приложением 25 расчетных таблиц）翻譯而成。

本指南闡明了實驗室中地下水化学分析整理方法。以具体的例子說明了：分析資料換算成毫克当量和当量百分数，确定水的硬度，确定假定鹽类，按庫尔洛夫表示式确定水的类型，并且对飲用水作了大致的評價。本指南还附載了換算表 25 个。

本指南可作为高等学校学生學習“水文地質概論”及“地下水普查与勘探”时参考材料。

本指南为东北地質学院翻譯室李耀光、楊丽华、刘英林翻譯；水文地質教研室李永升、李鈺堃、曹以臨、魏立本及化学教研室張良彩校对；附表中的数字經王家昌、丘枝大、李鈺堃、周世英、姚一江、高明德、曹以臨、陈光龙、刘振雁、刘俊業、赵研斌等驗算。繼由審有义同志全面校对、驗算及审訂；最后經王秉忱同志根据著者意見做了修改和审校。

本書在 1955 年 12 月曾由东北地質学院自行出版，作为內部講义。

地下水化学分析資料整理指南

（附換算表 25 个）

П. П. 克利門托夫教授著

李耀光等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇号

（北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四号）

京华印書局印刷 新华書店总經售

統一書号 13010·215 開本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 1 $\frac{12}{16}$ 字数 40,000

一九五六年十二月北京第一版

一九五六年十二月北京第一次印刷

印数 (0001—7,000) 定價 (R) 羊 0.24

（內部發行）

目 录

(一) 地下水化学分析結果表示形式	5
(二) 化学分析資料的整理及換算方法	7
(三) 地下水标准簡述	11
(四) 实例	13
附表	18-56
1. 將 Na^+ 离子的毫克数換算成毫克当量用表	18
2. 將 Ca^{++} 离子的毫克数換算成毫克当量用表	21
3. 將 Mg^{++} 离子的毫克数換算成毫克当量用表	24
4. 將 Cl^- 离子的毫克数換算成毫克当量用表	27
5. 將 SO_4^{--} 离子的毫克数換算成毫克当量用表	30
6. 將 HCO_3^- 离子的毫克数換算成毫克当量用表	33
7. 將 K^+ 离子的毫克数換算成毫克当量用表	36
8. 將 Fe^{+++} 离子的毫克数換算成毫克当量用表	37
9. 將 Fe^{++} 离子的毫克数換算成毫克当量用表	38
10. 將 NH_4^+ 离子的毫克数換算成毫克当量用表	39
11. 將 NO_3^- 离子的毫克数換算成毫克当量用表	39
12. 將 NO_2^- 离子的毫克数換算成毫克当量用表	40
13. 將 CO_3^{--} 离子的毫克数換算成毫克当量用表	40
14. 將 S^{--} 离子的毫克数換算成毫克当量用表	41
15. 將氧化物 K_2O 的毫克数換算成毫克当量用表	42
16. 將氧化物 Na_2O 的毫克数換算成毫克当量用表	43
17. 將氧化物 MgO 的毫克数換算成毫克当量用表	44
18. 將氧化物 CaO 的毫克数換算成毫克当量用表	45
19. 將氧化物 N_2O_5 的毫克数換算成毫克当量用表	46
20. 將氧化物 SO_3 的毫克数換算成毫克当量用表	47
21. 將化合的 CO_2 的毫克数換算成毫克当量用表	48
22. 將重碳酸的 CO_2 的毫克数換算成毫克当量用表	49
23. 將离子及氧化物之毫克数換算成毫克当量所用乘数表	50
24. 氧化物之当量表及氧化物之毫克数換算成毫克当量时所用之乘数表	52
25. 將 Ca^{++} 和 Mg^{++} (或 HCO_3^-) 的毫克当量換算成总硬度(或暂时硬度)用表	53
26. 1952 年国际原子量表	56

(一) 地下水化学分析結果表示形式

無論当水文地質普查和勘探时,以及在开采的进程中,确定地下水的化学成分,皆具有重要的意义。按着飲用水的标准及要求,进行水的实际评价。

地下水的化学成分,通常以离子形式表示之:淡水以毫克/升表示;矿化水則以克/升表示。

地下水的性質取决于水中正負离子的数量及其比值、某些未分解的化合物含量及有机物質的含量、水的反应(pH)、硬度、总矿化度及其他一些指标。

在离子中,对于水的性質关系最大的有: H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Fe^{++} , Mn^{++} 等陽离子和 OH^- , Cl^- , SO_4^{--} , NO_2^- , NO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{--} , SiO_3^{--} , PO_4^{--} 等陰离子。属于最重要的未分解的(或極少分解的)化合物为 Fe_2O_3 , Al_2O_3 , H_2SiO_3 ; 属于最重要的气体为 N_2 , O_2 , CO_2 , CH_4 及重碳酸化合物, H_2S 。

苏联学者維尔納德斯基(В. И. Вернадский), 舒卡列夫(С. А. Шукарев), 斯拉維亞諾夫(Н. Н. Славянов), 托尔斯契欣(Н. И. Толстихин), 亞历山大罗夫(В. А. Александров), 欧維奇尼柯夫(А. М. Овчинников), 苏林(В. А. Сулин)等根据化学成分制定了地下水的分类。

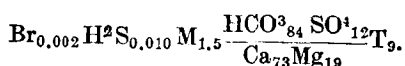
当我们拿很多的地下水化学分析資料做比較时,不难看出:在每个水样里,都含有某种离子或离子組。地下水按其所含某种离子的多寡,具有相应的性質(例如, Na^+ 和 Cl^- 离子的濃度相当大时,水就稍帶咸味或者甚至具有咸味,等等)。在水中,含量超过陽离子毫克当量总数的 25% 或超过陰离子毫克当量总数 25% 的那

些离子,采用作为主要的离子。

水文地质调查实际工作中,广泛采用亚历山大罗夫的分类,该分类于1930年第四届水文地质矿泉水会议上被通过(参阅“水文地质学概论”讲义第七讲)。

此外,地下水的化学成分通常以假分数形式表示之。这种简明的地下水化学成分表示式,乃是庫尔洛夫提出的。在庫尔洛夫表示式的横线上边,以渐减的顺序表示出阴离子毫克当量百分数;而在横线下边,以同样的顺序表示出阳离子毫克当量百分数;在表示式的前边,表示出稀有元素(克/升),例如 Br' , I' 等等,游离气体及水的总矿化度 M (克/升);而在该式末尾,则表示出水的温度 T 。水中离子毫克当量百分数小于 10% 的,在式中不表示出来。

我們取一个水化学分析的表示式作为例子,该水是在抽水試驗进程中从鑽孔中取出的。



由该式可見,水的干涸残余物为 1500 毫克/升;水中含有硫化氫 10 毫克/升;溴 2 毫克/升;水温是 9° 。根据庫尔洛夫表示式确定水的类型时,必須考虑毫克当量超过 25% 的那些离子。因此,根据上边所举的表示式,确定水是重碳酸鈣型水。

水化学分析的整理和表示方法,現在就有好几种。不久以前,在实验室内,有以氧化物和酐的形式来表示水的化学分析結果,即以氧化物形式表示鹽基根,例如 Na_2O , CaO , MgO 等;或以鹽形式表示之,如 NaCl , Na_2SO_4 , CaSO_4 , CaCO_3 等。同时又提出了另外一些方法;这些化学分析表示方法,沒有反映出在天然水中溶解物質的真实情况。

目前,离子形式是水化学分析表示的基本形式。在天然水溶液中,帶有异电荷的离子,以一定的重量比值相互作用着,该比值

称为当量。因为表示水分析的当量形式，能够最完善地反映出水中物質的内部化学性質和水的最主要性質，所以水化学分析的結果，要以离子和当量形式表示。

(二) 化学分析資料的整理及換算方法

表示地下水化学成分的實驗室分析資料(毫克/升或克/升)，应进一步去整理。为了把分析資料換算成当量形式，必須將一升水中所含的各种离子的毫克数用它的当量来除。用此法所得的値叫作毫克当量。对于矿化度很高的地下水和鹽水，在分析中以克/升来表示离子的含量，在以克/升表示情況下，由克当量可得离子的克当量数。

常常存在于天然水中的离子，其当量如下：

K ⁺	39.096	Cl ⁻	35.457
Na ⁺	22.997	SO ₄ ²⁻	48.033
Mg ²⁺	12.160	CO ₃ ²⁻	30.005
Ca ²⁺	20.040	HCO ₃ ⁻	61.018

凡处于平衡状态的天然水中，有一当量的陰离子，就必定有一当量的陽离子。例如，20.40 毫克的 Ca²⁺ 离子恰能与 61.018 毫克的 HCO₃⁻ 离子或 35.457 毫克的 Cl⁻ 离子相結合。

由此可見，为了求得某一离子(或氧化物)的毫克当量数，应將分析得出的該离子的毫克数用其当量来除。假設以化学實驗室分析方法在潛水中得出：

Ca ²⁺	85.2 毫克/升
Cl ⁻	68.3 毫克/升
HCO ₃ ⁻	390.5 毫克/升

由此,根据一些表(参看下面),或者將实验室求得的数据用其当量来除,則得:

Ca⁺⁺ 4.251 毫克当量(附表 2)

Cl⁻ 1.926 毫克当量(附表 4)

HCO₃⁻ 6.400 毫克当量(附表 6)

有时不用除法,而用乘法。因此对所有的离子和氧化物要求出其当量数的倒数,即是 1 被該离子当量来除所得之商,例如:

$$\text{对于 Na}^+ \text{ 离子 } \frac{1}{22.997} = 0.04348$$

$$\text{对于 Ca}^{++} \text{ 离子 } \frac{1}{20.040} = 0.04990$$

$$\text{对于 Cl}^- \text{ 离子 } \frac{1}{35.457} = 0.02820$$

將分析得到的每升水中某种离子的毫克数,乘以所算出的乘数,即求出每升中該离子的毫克当量数。

为了將某种离子换算成当量形式,通常把水中求得的該离子的重量,乘以原子价,最后除以原子量或分子量(附表 23)。

根据查表,或用当量来除,或乘以换算系数,所求得的毫克当量数,显然將是相同的数值。

还要补充說明一下,根据后边的附表,不仅可以很容易求得水化学分析的毫克当量数,而且也能解决相反的問題,即是根据毫克当量数,求出每一个离子或氧化物的毫克数。

天然水的化学成分,换算成离子的毫克当量数来表示,其优点还在于:如果某一元素在定量上并未确定,但是在定性上証实了它的存在,則其含量,可由陽离子总数和陰离子总数之差求得之。往往用此方法确定鹼金屬离子。如所周知,測定鹼金屬离子需要費很多时间;因为在水分析当中,陰离子总数和陽离子总数,总是完全一样的,所以我們可以根据其差数,来測定鹼金屬离子的含量。

水化学分析結果換算成毫克当量数的一些用表,附在后面(附表 1—14)。

确定某种离子的毫克当量数的一些表的使用方法,由表的結構上,可以一目了然。

附表 1 是用以确定 Na^+ 离子的毫克当量数;附表 2 是用以确定 Ca^{++} 离子的毫克当量数;附表 3 是用以确定 Mg^{++} 离子的毫克当量数;附表 4 是用以确定 Cl^- 离子的毫克当量数;附表 5 是用以确定 SO_4^{--} 离子的毫克当量数;附表 6 是用以确定 HCO_3^- 离子的毫克当量数;附表 7 是用以确定 K^+ 离子的毫克当量数;附表 8 是用以确定 Fe^{+++} 离子的毫克当量数;附表 9 是用以确定 Fe^{++} 离子的毫克当量数;附表 10 是用以确定 NH_4^+ 离子的毫克当量数;附表 11 是用以确定 NO_2^- 离子的毫克当量数;附表 12 是用以确定 NO_3^- 离子的毫克当量数;附表 13 是用以确定 CO_3^{--} 离子的毫克当量数;附表 14 是用以确定 S^{--} 离子的毫克当量数。

因为在档案資料里和已經發表的文献中,水分析結果常以換算成毫克当量数的氧化物形式表示,所以在后边也作了一些氧化物換算表(附表 15—22)。

附表 15 是用以确定氧化物 K_2O 的毫克当量数;附表 16 是用以确定 Na_2O 的毫克当量数;附表 17 是用以确定 MgO 的毫克当量数;附表 18 是用以确定 CaO 的毫克当量数;附表 19 是用以确定 N_2O_5 的毫克当量数;附表 20 是用以确定 SO_3 的毫克当量数;附表 21 是用以确定化合的 CO_2 的毫克当量数;附表 22 是用以确定重碳酸的 CO_2 的毫克当量数。

因此,应用附表 15—22,可根据某个氧化物的毫克数,直接求出其离子的毫克当量数。

为了將化驗得出的某种离子和氧化物的数量(毫克/升),乘其当量倒数,以确定离子或氧化物的毫克当量数,可参考附表 23 及

如果 Ca^{++} 和 Mg^{++} 离子的含量没有测定, 但用精确的化学法测出了总硬度, 则可按表(附表 25)求得钙和镁的含量(总合的)。按同一表(附表 25)根据钙和镁离子的总合(毫克当量数)和重碳酸离子(毫克当量数), 可求出水的总硬度和暂时硬度(以硬度的度数表示), 不久前在苏联已经使用这种方法(参看以下)。

附表 26 列出所有元素的国际原子量(1952 年)。

有时分析盐水或矿水和弱矿化水时, 结果用盐形式表示。此时应强调指出, 所计算的盐是假定的。

以假定盐形式计算水分析时, 采取下列方式:

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

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

如没有 HCO_3^- 离子, Ba^{++} 离子与 Cl^- 化合成 BaCl_2 ; 而 Sr^{++} 与 SO_4^{2-} 化合成 SrSO_4 ; 没有 SO_4^{2-} 时, 则与 Cl^- 化合成 SrCl_2 。

3. NH_4^+ , Rb^+ , Cs^+ 与 Cl^- 化合成 NH_4Cl , RbCl , CsCl 。

4. 在碱性水中, Li^+ 与 HCO_3^- 化合成 LiHCO_3 , 在其余的水中与 Cl^- 化合成 LiCl 。

5. 在一般水中, 铝呈 Al_2O_3 状态出现; 在 $\text{pH} < 4.0$ 的硫酸盐水中, 铝与 HPO_4^{2-} 化合成 $\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$; 残余的 Al^{+++} 与 SO_4^{2-} 化合成 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

6. HAsO_4^{2-} 与 Ca^{++} 化合成 CaHAsO_4 。

7. 在含有重碳酸离子的水内, 亚铁 FeO 同 HCO_3^- 化合成 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, 而铁则呈 Fe_2O_3 状态出现。

在硫酸盐水中, 亚铁及铁同 SO_4^{2-} 化合成 FeSO_4 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

8. 硅酸为 H_2SiO_3 , 在 pH 值大于 8.5 的水中, 则以 HSiO_3^- 离子表示。在该情况下, 为了换算为盐的形式, 要按照下面 11 中所

列举的方案(表 1), 此时將 HSiO_3^- 离子放在 SO_4^{2-} 和 HCO_3^- 之間。

9. 硼酸为 HBO_2 。

10. 游离二氧化碳和硫化氫为 CO_2 和 H_2S 。

11. 其余离子按下列順序化合(表 1):

表 1

陰离子	陽离子
NO_3^-	K^+
Cl^-	Na^+
SO_4^{2-}	Mg^{++}
CO_3^{2-}	Ca^{++}
HCO_3^-	Fe^{++}
OH^-	Mn^{++}
	(其余的重金屬) H^+

按毫克当量的大小, 根据表(附表 1—22)可求得鹽的重量; 用某种离子的毫克当量数, 除以相应的換算系数(附表 23 及 24)可以求出鹽的毫克数量。最后, 鹽的重量可以按比例算出。为了求得假定鹽的重量, 必須將按上述某一种方法求出的陰陽离子之值相加。

(三) 地下水标准簡述

根据 pH 值, 水可分为强酸性的, 其 pH 值小于 5; 酸性的, 其 pH 值等于 5 到 7; 正常的(中性的), 其 pH 值等于 7; 鹼性的, 其 pH 值等于 7 到 9; 强鹼性的, 其 pH 值大于 9。

过去, 水的硬度用度数表示。水的硬度 1 度等于 1 升水中含

10 毫克 CaO (Mg^{++} 的含量換算成 CaO)。

目前在苏联, 水的硬度以 1 升水中 Ca^{++} 和 Mg^{++} 的毫克当量数表示 1 毫克当量的硬度(等于 2.8°)相当于 Ca^{++} 离子 20.04 毫克/升的含量或者 Mg^{++} 离子 12.16 毫克/升的含量。

阿列金(О. А. Алексин)提出了根据总硬度等級而制定的下列天然水分类法:

極軟水	小于 1.5 毫克当量(小于 4.2°)
軟 水	1.5—3.0 毫克当量($4.2—8.4^\circ$)
弱硬水	3.0—6.0 毫克当量($8.4—16.8^\circ$)
硬 水	6.0—9.0 毫克当量($16.8—25.2^\circ$)
極硬水	大于 9.0 毫克当量(大于 25.2°)

在苏联評定飲用地下水时, 采用国家标准(ГОСТ)2761-44 和 2874-45。根据国家标准規定, 集成的生活飲用水的干涸殘余物不得超过 1000 毫克/升, 水的总硬度不得超过 14.3 毫克当量(40°)。只有当該地区沒有弱矿化水的水源时, 才允許使用含干涸殘余物較多的水, 并且在每一种情况下, 都要取得苏联国家衛生檢查总局的同意。苏联国家衛生檢查总局, 根据一些地区的条件, 規定了 SO_4^{--} , Cl^- 和 Mg^{++} 离子的極限含量。

由于总矿化度高的天然水的成分極端复杂, 所以远非各地都能采用全苏标准。因此有时采用与該区内所分布的水的平均成分相适应的地方标准。具有地方性意义的标准非常多。各个机关和个别專家們, 在不同時間內提出了地方标准, 其主要根据, 是对該地区所用的水进行了水质分析。对飲用水的一般要求和主要的要求, 乃是水中絕對沒有危害人体的各种化合物。

为了純教学目的, 下面列出大致的允許标准, 当評价飲用水水质时, 应该按照这个标准(表 2)。

表 2

指 标 名 称	允許标准 毫克/升	指 标 名 称	允許标准 毫克/升
干 涸 殘 余 物	1000.0	硝 酸 根 离 子	10.0
总 硬 度	{ 14.8 毫克 当量(40°)	鎂 离 子	痕迹
氯 离 子	50.0	高鉄离子加低鉄离子	0.3
硫 酸 根 离 子	100.0	按 KMnO_4 测定的	
亞硝酸根离子	不允許有	有 机 物 質 含 量	10.0

用含有重金屬和其他元素的矿坑水作飲水时,根据現用标准,有毒物質的濃度不应超过:鉛——0.1 毫克/升;砷——0.05 毫克/升;氟——1 毫克/升;銅——3 毫克/升;鋅——15 毫克/升;酚——0.001 毫克/升。此外,不得含汞、六价鉻、鋇和其他有毒物質。

(四) 实 例

我們用具体例子,來說明水化学分析資料整理的步驟。

以實驗室分析法,求得地下水的化学成分如下:

K^+	15.5 毫克/升	Cl^-	3.2 毫克/升
Na^+	45.1	SO_4^{2-}	18.9
Mg^{++}	42.4	HCO_3^-	617.0
Ca^{++}	95.3		

当 110°C 时,干涸殘余物为 852.4 毫克/升;

水的反映 pH 为 7.5。

要求完成: (1)用毫克当量数和毫克当量百分数表示水分析;
(2)測出分析誤差,以百分数表示; (3)算出各种硬度,并根据阿列金的分类确定水的硬度等級; (4)測定鹽的假定成分,以毫克/升

和毫克当量表示之；(5)写出庫尔洛夫表示式,并根据表示式确定水的类型；(6)按上面表 2 所記載的数据,确定該水是否适于飲用。

(1) 为了將分析資料換算成当量形式,我們利用了附表(附表 1—7), 計算結果列入表 3。

表 3

离 子	毫克/升	毫克当量/升	毫克当量%
陽 离 子			
K ⁺	15.5	0.40	3.78
Na ⁺	45.1	1.96	18.50
Mg ⁺⁺	42.4	3.49	32.86
Ca ⁺⁺	95.3	4.75	44.86
总 計	198.3	10.60	100.00
陰 离 子			
Cl ⁻	3.2	0.09	0.85
SO ₄ ⁻²	18.9	0.39	3.68
HCO ₃ ⁻	617.0	10.10	95.47
总 計	639.1	10.58	100.00
陰陽离子总合	837.4		

当計算毫克当量百分数时,無論陽离子或陰离子,其毫克当量的总数都作为 100 計算。这样,为計算某一陽离子的毫克当量百分数 x ,应用下式:

$$x = \frac{K}{\sum K} \times 100\%,$$

式中: K ——該陽离子含量,毫克当量/升;

$\sum K$ ——陽离子总含量,毫克当量/升;

而为了計算某一陰离子的毫克当量百分数 y ,則应用下式:

$$y = \frac{a}{\sum a} \times 100\%,$$

式中: a ——該陰离子含量,毫克当量/升;

$\sum a$ ——陰离子总含量,毫克当量/升。

(2) 根据下式計算分析誤差 e :

$$e = \frac{\sum K - \sum a}{\sum K + \sum a} \times 100\%,$$

式中: $\sum a$ ——陰离子总含量,毫克当量/升;

$\sum K$ ——陽离子总含量,毫克当量/升。

將表 3 里的分析数据,代入上式,則得:

$$e = \frac{10.60 - 10.58}{10.60 + 10.58} \times 100\% = 0.09\%$$

当技术分析时,允許分析誤差不得超过 2%; 用簡單方法分析时,則不得超过 5%。

(3) 水的总硬度 H 按下式計算:

$$H = \frac{[Ca^{++}]}{20.04} + \frac{[Mg^{++}]}{12.16},$$

式中: $[Ca^{++}]$, $[Mg^{++}]$ —— Ca^{++} 和 Mg^{++} 的含量,毫克/升;

20.04 和 12.16——鈣和鎂的当量。

將分析数据代入上式后,則得:

$$H = \frac{95.3}{20.04} + \frac{42.4}{12.16} = 8.24 \text{ 毫克当量}。$$

根据表 3 所記載的数据,可以更直接了当地求出水的总硬度。在該表中, Ca^{++} 离子等于 4.75 毫克当量/升; Mg^{++} 离子为 3.49 毫克当量/升。所以水的总硬度为:

$$4.75 + 3.49 = 8.24 \text{ 毫克当量}$$

当測定暂时硬度时,須考虑到 Ca^{++} 离子和 Mg^{++} 离子毫克当量总数与 HCO_3^- 毫克当量数之間的两种可能存在的关系:

1) 若 Ca^{++} 和 Mg^{++} 毫克当量数之和, 等于或小于 HCO_3' 毫克当量数, 即当 $[\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}] \leq [\text{HCO}_3']$ 时, 因为暂时硬度不可能大于总硬度, 所以暂时硬度即等于总硬度。

2) 若 Ca^{++} 和 Mg^{++} 离子毫克当量总数大于 HCO_3' 离子毫克当量数时, 即当 $[\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}] > [\text{HCO}_3']$ 时, 则水的暂时硬度就小于总

硬度; 暂时硬度为以毫克当量所表示的 HCO_3' 离子的含量。在该情况下, 暂时硬度由下式求得:

$$H' = \frac{[\text{HCO}_3']}{61.018},$$

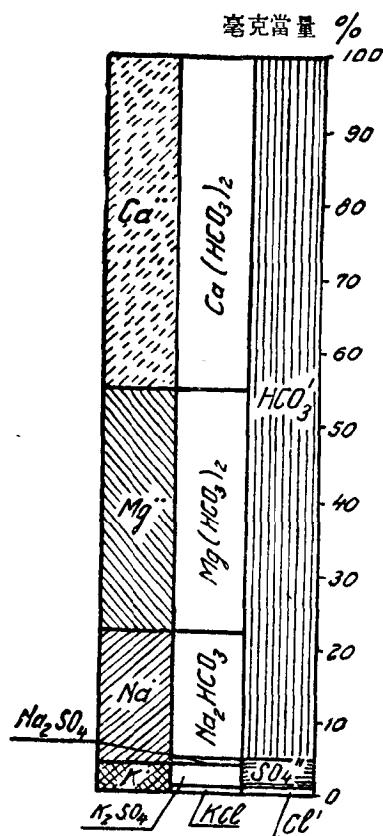
式中: $[\text{HCO}_3']$ — HCO_3' 含量, 毫克/升;

61.018 — HCO_3' 离子的当量。

既然这种水的化学分析 (参看表3) 是属于第一种关系: $[4.75 + 3.49] < [10.10]$, 所以水的总硬度就等于暂时硬度, 即等于8.24毫克当量(23.10°)。按阿列金分类法, 该水属于硬水。

(4) 为了阐明水的假定鹽的成分, 我們画了一个辅助圖解(参看左边的圖)。圖解上左边画出陽离子的当量百分数

(根据表3数据); 右边則画出陰离子当量百分数。



水化学成分圖解