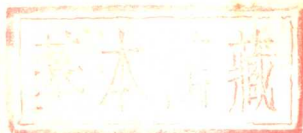


93271



地下水的 物理性質和化學成分

普里克郎斯基 合著
拉 普 傑 夫



地質出版社

地下水的物理性質和化學成分

普里克郎斯基 著
拉 普 傑 夫

地質出版社

1956 • 北京

“地下水的物理性質和化學成分”(Физические свойства и химический состав подземных вод)一書係由蘇聯國立地質書籍出版社(Геогеолиздат)於1949年出版,普里克郎斯基(В. А. Приклонский)和拉普傑夫(Ф. Ф. Лаптов)所著。由中央地質部編譯出版室汪盛輝、左全農、劉大有、唐連江等同志譯,吳光輪同志審校。

地下水的 物理性質和化學成分 160,000字

著者	普里克郎斯基、拉普傑夫
譯者	地質部編譯出版室
出版者	地質出版社
	北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第零伍零號

發行者	新華書店
印刷者	地質印刷廠
	北京廣安門內教子胡同甲32號

印數(京)6001-11,010册	一九五四年七月北京第一版
定價(10)1.20元	一九五六年七月第二次印刷
開本31×43 ¹ / ₂	印張8 ¹² / ₂₈ 插頁1

目 錄

原序	1
書評	3
第一章 鑑定地下水物理性質和化學成分的目的與任務	4
第二章 地下水物理性質和化學成分的概述	9
1. 一般特徵	9
2. 物理性質	16
3. 溶解於地下水中的氣體	19
4. 構成真溶液之物質	22
5. 呈膠體狀態存在的物質	30
第三章 水樣的選取和保藏及野外化驗室	32
1. 化學分析用的水樣之選取	32
2. 專門樣品的保藏和選取	36
3. 野外化驗室	43
第四章 水分析的表示形式及分析結果的審查	52
1. 分析的表示形式	52
2. 分析結果的審查	59
第五章 水分析結果的整理及其化學分類	61
1. 概論	61
2. 根據溫度進行水的分類	65
3. 根據總礦化度的地下水分類	66
4. 根據陰離子陽離子對比的地下水分類	66
5. 根據陰離子及陽離子含量進行的地下水分類	71
6. 藉助於特殊係數劃分水的類型	75
7. 水的化學成分的專門公式	78
8. 水的氣體成分之鑑定	79
9. 水的放射性的鑑定	79

	10. 分析的圖解法	80
	11. 水文化學圖	87
第六章	各種用水之評價	90
	1. 飲用水之評價	90
	2. 水硬度之評價	95
	3. 蒸汽鍋爐用水之評價	96
	4. 灌溉用水之評價	100
	5. 工業用水之評價	102
	6. 地下水對混凝土侵蝕性之評價	103
第七章	野外工作及半固定工作情況下水質分析法	120
	1. 物理性質	120
	2. 水的總硬度	122
	3. 鈣離子(Ca^{++})	128
	4. 鎂離子(Mg^{++})	133
	5. 活動的反應——pH	138
	6. 游離的碳酸(游離的 CO_2)	146
	7. 碳酸氫根離子(HCO_3^-)	151
	8. 碳酸根離子與碳酸氫根離子(CO_3^{--} 和 HCO_3^-)的共同存在	154
	9. 侵蝕性的二氧化碳	156
	10. 氯離子(Cl^-)	158
	11. 硫酸根離子(SO_4^{--})	163
	12. 亞硝酸根離子(NO_2^-)	172
	13. 硝酸根離子(NO_3^-)	174
	14. NH_4^+ 離子	177
	15. 鐵	179
	16. 水的耗氧量	182
	17. 焙乾渣沉物	184
	參考文獻	186
	附錄	199

原 序

本書係將1935年出版的普里克郎斯基(В. А. Приклонский)所著的“地下水物理性質及化學成分之研究”一書加以改編並作了重要補充而成。按照全蘇水利工程地質學會(ученый совет ВСЕГИНГЕО)之指示於書中又增添了拉普傑夫(Ф. Ф. Лаптев)新寫的兩章:第三章——“水樣的選取和保藏及野外化驗室”,其中包括了具有指導意義的水樣選取法及保藏法,同時簡潔地描述了近年來我國所製造的各型野外水文化學化驗儀器;第七章——“野外工作及半固定工作情況下水之分析法”本章簡明地敘述了蘇聯所採用的最新的分析水的方法。

由於上述的補充和修改,使本書之性質及方針有所改變。如果說在普里克郎斯基所著的書中偏重於地下水化學成分形成的一般問題的話,那麼在本書中對這些問題則沒有着重地加以論述,而僅適當地給予了簡明的敘述。最近蘇聯的水文地質學家(卡門斯基(Г. Н. Каменский)、伊格納托維奇(Н. К. Игнатович)、奧弗琴尼科夫(А. М. Овчинников)、馬卡連科(Ф. А. Макаренко)、西林—別克秋林(А. И. Силин-Бекчурин)、馬克西莫維奇(Н. А. Максимович))完成了巨大的工作,尤其是在地下水化學成分形成過程的研究方面。現在,關於這些問題蘇聯具有極為豐富的文獻,充分地說明了我們祖國在這一方面乃處於比其他國家優越的地位。但是,在修改其他各章時,作者沒有去詳細地論述現代對地下水化學成分形成的一些觀點,因為這樣做就必須大大地增加書的篇幅。本書的目的比較簡單:它為水文地質工程師及地質工程師在各種實際工作中(除了利用地下水作為醫療水及工業原料之外)提供了研究及評價地下水的最基本的而具有指導意義的方法。關於這些問題還應參閱一些適當的專門文獻。

作者非常感激斯拉維亞諾夫 (Н. Н. Славянов) 同志，他費了很大的精力校閱了原稿，並在本書最後校訂時，提供了很多指示及補充；同時也非常感謝斯皮岑 (Н. И. Спицын) 同志，他的意見和指示作者在敘述分析的方法時都加以採用。

編著此書時，作者們的分工如下：第一、二、五章以及第六章的一部分（第六章2—5）為普里克郎斯基所編著；第三、四、七以及第六章的一部分（第六章1和6）為拉普傑夫所編著。

書 評

本書簡短地闡明了地下水最主要的物理性質及化學成分，以及對選取和保藏水樣的方法提供了一些具有指導意義的指示。此外，書中還敘述了在進行水文地質及工程地質調查時野外水文化學分析的方法，整理這些分析結果的方法，以及編製水文化學圖的方法。同時亦附帶地敘述了評價日常生活用水及工業用水的原則。

本書乃供從事於水的野外分析工作及從事於技術用水及日常生活用水之評價工作的地質隊、水文地質隊及工程地質隊的工作人員以及其他專家之用。

第一章 鑑定地下水物理性質和化學成分的 目的與任務

1. 在進行水文地質和工程地質調查時 以及在進行一般地質調查和礦產勘探時，皆必須研究地下水的物理性質和化學成分。在上述的每一種情況下，所選水樣之數量、體積及分析的形式必須嚴格地符合於調查的性質與目的。因此，野外工作隊隊長必須明確地瞭解所有必須用鑑定地下水的物理性質及其化學成分的方法來加以解決的任務。

根據所選擇的分析形式來規定每一種樣品必要的體積及其保存的方法。將選出的地下水試樣送交化驗室時，野外工作隊隊長應當在附信上詳細地指明應該怎樣鑑定和需要用何種方法來進行。作為例外，可不必對分析的性質和方法加以指示，而祇對研究的專門目的及所有必須根據分析資料而來加以解決的任務作足夠詳細的說明即可。在這種情況下，分析的形式及鑑定的方法乃由化驗室選擇，而同時亦須用從野外工作隊隊長處獲得的資料作為指南。野外工作隊隊長必須清楚地看到，如果對分析的專門目的不夠明確，從而使分析形式的選擇亦不夠恰當，便可能使我們進行一些不需要的鑑定，因而造成浪費；或者相反地，使分析材料不完整而致不能解決調查工作所規定的任務。

2. 根據研究的專門目的及水的性質，可採用下列幾種分析方法：

(1) 物理分析確定水的物理性質——溫度、透明度、顏色、氣味、味道、懸浮物質的數量以及導電率和放射性。

(2) 在水中成溶解狀態，構成真溶液或膠體溶液的物質之化學分析。

(3) 水中氣體的化學分析(氣體分析)。

(4) 細菌分析，測定水中存在的細菌。細菌分析可以分為：定量細

菌分析，用來測定一定體積水中細菌的總數；定性細菌分析，用來測定水中細菌的種類。

(5) 微生物或生物的分析，其目的在於測定地下水中自由漂浮(浮游的動植物)及固定狀態(海底動植物)生存的動植物微生物。

在進行一般的水文地質與工程地質調查時，通常是採用前兩種分析方法。氣體分析是爲了專門的任務才進行：用來測定某些類型的礦物水(醫療水)(CO_2 、 H_2S 、 N_2 等)或在進行工程地質調查時用來測定地下水的侵蝕能力(游離的及侵蝕性的二氧化碳)。細菌分析之進行同樣也是爲了專門的任務，用來給飲料水予以衛生上的評價。至於微生物的分析，則一般僅用來測定地表貯水池。

3. 在規定分析的形式及樣品的數量時，應該以本書4——9節中所舉的一般見解及第六章中對地下水的評價標準來作爲指南。

4. 在相當大的面積內進行區域的綜合地質測量或普通水文地質測量時，主要的任務是：獲得該區域的一般水文化學特徵，並劃分地下水的主要化學類型以及其分佈區域；確定地下水的化學成分及物理性質與該區自然歷史特徵的關係；查明地下水的水源及礦化的原因；地下水與其圍岩的相互關係，以及各含水層之間及它們與地表水之間的相互聯繫。

根據調查結果，編製該區的水文地質化學圖，並附帶說明書。在這種情況下，藉助於輕便水文地質化驗儀器而進行野外分析乃是分析之主要形式。蘇聯現在的此類化驗儀器可以在很短的時間內，並且以很小的花費，就可得到大量的相當準確的水分析結果，以供區域簡單的水文地質化學測定、劃分出地下水的主要類型(表1, I和II類型)。

除了廣泛性的野外分析以外，爲了給予地下水以更精確的定量測定，必須在地下水的每種類型中選取2—3份的樣品，並把它們送交固定性的化學化驗室以便進行更精確的分析(表1, III及IV類型)。

分析的形式

表 1

分析的形式	需要確定	分析的特點
I	物理性質、硬度(德國硬度), Cl' 、 SO_4'' 、 HCO_3' 、pH, 定性確定 $\text{Fe}^{++} + \text{Fe}^{+++}$ 、 $\text{NO}_3'^*$ 、 $\text{NH}_4'^*$	爲了初步測定區域地下水而進行大量分析時所採用的最簡單的分析。此分析是在野外的條件下, 藉助於野外水文化學實驗室來進行。不可能進行分析的檢查。鹼土元素的含量爲一總數。鹼類的總量按差數計算
II	物理性質, Cl' 、 SO_4'' 、 HCO_3' 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、pH、 CO_2 (游離) 焙乾的渣沉物 ^{**} 、 Fe^{++} 、 Fe^{+++} 、 NO_3' 、 $\text{NO}_2'^*$ 、 $\text{NH}_4'^*$ 、庫別爾氏含氧量 [*]	爲了測定區域地下水而進行大量分析時所採用的較精確的分析。此種分析在野外的條件下亦即野外隊駐紮的地方進行, 亦可在固定化驗室中用更精確的方法來進行。不能進行陽離子與陰離子當量總數分析的審查。鹼類的總數按差數計算
III	物理性質, Cl' 、 SO_4'' 、 HCO_3' 、 CO_3'' 、 NO_3' 、 NO_2' 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Fe^{++} 、 Fe^{+++} 、 R_2O_3 、 NH_4' 、 SiO_2 、pH, 含氧量, 游離的和侵蝕性的 CO_2 、 H_2S , ^{***} 焙乾渣沉物	以體積不小於 2 公斤的專門樣品來詳細測定最後確定的區域內典型的地下水時所採用的全分析, 此分析於固定化驗室中進行。可以根據焙乾渣沉物以及陽離子與陰離子毫克當量的總數進行審查
IV (專門的)	按照調查的專門目的, 特別是按照爲某種目的之地下水評價標準而根據特殊任務來進行的專門測定	測定其他元素(除了上述各形式中所提到的元素以外)及不常見的元素時所進行的專門分析, 或者按照調查的專門目的測定某些特別指出的元素時所進行的專門簡略分析。專門分析乃根據下列情況進行: (1) 根據一般的全分析資料, 如果陽離子與陰離子的總數相差很大, 則說明地下水內還存在有用一般分析方法所不能測定的元素(例如: 礦坑水中的重金屬); (2) 根據專門任務的調查性質

* 必須把地下水作爲食用水評價時確定之。

** 如果化驗室的設備允許時確定之(具有分析天秤, 加熱儀器等等)。

*** 發覺其氣味時則作定量確定。

5. 如果在金屬礦床區進行之地質測量，其目的乃在於弄清成礦的規律性及爲了找尋新的有開採價值的金屬礦床時，則地下水化學成分的研究可能是一種補充的找礦標誌。在這種情況下，除了一般的分析之外，還須進行水樣的專門化學分析，以便按照該區成礦的性質確定水樣中的各種重金屬與稀有元素。在找尋放射性礦物時必須測定地下水的放射性。

6. 爲了利用地下水作爲飲用水、技術用水和灌溉用水的供應水源而進行專門水文地質工作時，必須進行專門分析，以測定那些有害的（從使用水的觀點來看）而同時亦成爲評價地下水質量的適當標準的組成部分（第六章）。評價地下水作爲飲用供水時，地下水爲有機化合物所染污的問題具有特殊的意義（參閱 61 節）。

7. 爲了利用地下水作爲工業原料（例如：製食鹽或鉀鹽的鹽水、鹽、溴水等）而進行專門水文地質工作時，必須進行專門的分析並準確地測定那些需要從地下水中取得的元素之含量。在此種情況下分析的資料乃用來計算所擬定採取的元素的儲量。

8. 從醫療觀點出發進行評價地下水（所謂礦物水）的水文地質調查時，應進行專門的分析。除了測定一般的元素和氣體外，還要測定地下水中不常見的元素和氣體。雖然它們在地下水中爲數極少，但却有某種醫療的作用（例如：銣鹽、碘鹽、溴鹽、二氧化碳、硫化氫等等）。在研究礦物水時，測溫觀察和氣體分析乃具有特殊的意義。

9. 在進行工程地質調查時，化學分析的進行除了給該區水文化學條件以一般的鑑定及評價外，還須給地下水對混凝土以及有時對建築物金屬部分侵蝕作用的可能性予以評價（第六章）。因此，確定 pH 值和地下水游離的及侵蝕性的二氧化碳含量乃具有特殊的意義。在其他的情況下，必須估計排水工程被堵塞的可能性，主要是由於氧化鐵及石灰華之分離所致。

最後，專門化學分析乃用來預測黏土質岩石及其他岩石在物理化

學條件改變的影響下其性質的改變。與專門化學分析的同時，通常還要研究黏土中所吸附的陰離子之交替容量及其成分，同時要較詳細地研究土壤學。

10. 地下水的化學成分乃隨時間而起變化。爲了對這種變化作出質量上和數量上的評價，必須在同一個基點上至少於一年內不斷地按照一定的時間進行地下水的取樣。在決定取樣日期時，應該以地下水的一般狀況爲出發點，首先是根據地下水水位或泉源湧水量的變化，以便闡明狀況曲線上所有的典型點（例如：地下水的最高水位、平均水位及最低水位；泉源最大湧水量、平均湧水量及最小的湧水量等等）。因此在研究地下水化學成分變化的同時，還應對其他部分的狀況進行有系統的觀測（鑽孔內地下水水位的變化；泉源的湧水量；由使用鑽孔中所抽出的地下水之數量等等）。應該指出，只有在不僅了解該區的地質構造和地下水的產狀，而同時亦了解地下水的供水條件與狀況後，才有可能正確地來解釋有順序地從同一基點上所選取的水樣之化學分析結果。同時應當估計到，地下水化學成分時間性的改變不僅決定於自然因素，同時也決定於人造因素。例如，有這樣的情況發生，即如果淡水分佈於鹽水上面時而從鑽孔中加緊抽水，那麼水便會變鹹（海島及海岸）；在用化學方法對溶解性的流動土壤進行人工鞏固的地區，以及在有機械水與含石油的工業廢水的地方亦可見到地下水的化學成分有劇烈的變化。

第二章 地下水物理性質和化學成分的概述

1. 一般特徵

11. 地下水的溶解能力很強。因此，天然水乃是一種天然的溶液其中總含有各種雜質。甚至最純的雨水中亦含有某些從空氣中吸獲的物質(二氧化碳, 氧)。溶解於水中的物質(特別是氣體)常常加強天然水的溶解能力與分解能力。

12. 存在於地下水內之物質, 主要可分為下列幾類:

(1) 當介質的物理條件與化學條件改變時, 成泡狀逸出的氣體;

(2) 在地下水中成離子狀態存在, 構成真溶液的物質;

(3) 在地下水中成膠體微粒狀存在並構成不穩定的膠體溶液的物質(溶膠)。這種不穩定的膠體溶液容易分離成凝膠狀的溶解物質;

(4) 在該條件下不溶於地下水而在某種程度上成零散懸浮狀態存在的固態物質(懸浮體及機械懸浮物);

(5) 動物微生物和植物微生物。其中細菌和某些水藻具有很特殊的意義, 地下水中有這些微生物存在時通常證明此水為有機物質所染污, 同時亦表明其不適合作為供水之用。

13. 在各種不同熱動力及地質化學的條件下, 當地下水在地殼內沿着岩石的孔隙和裂縫流動時便與其周圍的介質發生相互作用, 因而改變自己的成分和性質——發生變質作用。因此, 地下水的成分和性質無論在空間上(水平方向及垂直方向)抑或在時間上都是極其變化無常的。

14. 變質作用可改變地下水的原有成分。變化的方向取決於決定地下水成因的主要成分以及變質作用的性質。對各種成因類型的水來講, 這種改變的方向亦不相同, 例如對海洋成因的地下水(所謂封存水)

來說，淡滲透水的逐漸沖淡及置換作用為變質作用的主要過程，同時在地下水與吸收岩石之間還常常發生陽離子的互換作用（鈉——轉入水中即為鈣所取代），其結果則產生出鹼性水。

對於大氣成因的地下水來說，其特有的變質作用乃是岩石的溶濾作用，此作用使地下水的總礦化度逐漸增大。

為水所搬運的化學風化產物，其中大部分在相當大的程度上都積滯在陸地上。例如，雖然鉀鹽在水中有足夠的可溶性，但是在風化過程中生成的鉀僅有 0.002% 到達海裏。陸地淡水陽離子中鈣乃佔絕大多數，但是其活動性却由於其主要鹽類（ CaCO_3 、 $(\text{CaMg})\text{CO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）可溶性的微弱而受到限制。鈣到達海中後則被強烈地導入生物化學作用及膠結作用中，同時由水中被分離出並為鈉和鎂所代替。

● 15. 在每個一定的時刻中，在一定的地點內地下水都與其圍岩發生一定的相互作用。此相互作用可表現於下列幾方面：

（1）地下水中各種物質含量的增加，隨之水的總礦化度逐漸增高（16 節）。

（2）含於水中的物質從水中析出，同時總礦化度或是減低或是固定不變（17 節）。

（3）溶解於水中的物質的成分在質量上之變化（18 節）。

16. 地下水中各種物質含量的增加，主要是由於其圍岩的溶濾作用，氣體的溶解以及水的蒸發。岩石的溶濾作用乃以下列方式發生：即或是某些礦物直接溶解於水中，或者是不直接溶解於地下水的礦物之水解分解。第一類礦物，亦即可溶解於水中者，構成所謂普通鹽類，此種普通鹽類主要為次生礦物——火成岩原生礦物的風化產物。按其成分來說，可溶解於地下水中的次生礦物主要是鹽酸、硫酸及碳酸的鹼性鹽類（Na、K）與鹼土金屬鹽類（Ca、Mg）。這裏包括，例如：岩鹽 NaCl 、石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、芒硝 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，以及不太可溶解的鹽類——方解石 CaCO_3 、白雲石 $(\text{Ca、Mg})\text{CO}_3$ 等。它們的溶解度正如表中 2、3、4 及 5 所指

出，乃各不相同，而且其溶解度乃取決於溫度，同時亦與其他物質的存在有關。任何一種鹽類當有另外一種鹽類存在而前者所含之離子又與後者所含者相同時，則其溶解度便會降低，而如果另一種鹽類不含有相同的離子時，溶解度則增高。

溫度為 18°C 時純水中最主要鹽類的溶解度

表 2

氧化物	NaCl	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	KCl	K ₂ SO ₄	K ₂ CO ₃	MgCl ₂	MgSO ₄	CaCl ₂	CaSO ₄
克/升	323.6	163.3	193.9	329.5	111.1	1080.0	553.1	354.3	731.9	2.0
1 升中克分子數	5.42	1.15	1.8	3.9	0.62	5.9	5.1	2.8	5.4	0.015

NaCl 溶液中石膏的溶解度

表 3

作 者	1 升水中 NaCl 的含量		1 升中 CaSO ₄ 的溶解度	
	毫克當量	克	毫克當量	克
奧爾洛夫 (Орлов)	85.5	4.96	47.5	3.23
〃	171.0	9.92	49.5	3.37
〃	342.0	19.84	62.7	4.26
〃	513.0	29.75	67.2	4.57
〃	684.0	39.67	77.6	5.28
〃	850.0	49.50	82.0	5.58
〃	1710.0	99.18	96.2	6.54
〃	2565.0	148.77	94.4	6.42
〃	3420.0	198.36	86.8	5.90
蘭多利特 (Ландольт)	0	0	29.6	2.01
凡特-戈夫 (Вант Гофф)	4510.0	261.58	69.9	4.75

由於溫度、壓力以及其他溶解於水中的物質的飽和度的不同，因而溶解於地下水中的氣體的数量亦變化無常。

隨着溫度的增高(表 6)，壓力的減小或其他鹽類含量的增加，氣體的溶解度亦隨之降低，並由溶液中逸出。因此在含 35 克/升鹽類的海水中，氧的溶解度大約比其在淡水中的溶解度要低 20%。

CaCO₃ 的溶解度

表 4

空氣中 CO ₂ 的含 量(按體積 %計)	CO ₂ 的壓力 (大氣壓)	水中其他鹽 類的含量		溫度 (°C)	CaCO ₃ 的溶解度		附 註
		克/升	毫克當 量/升		克/毫克當量/升		
1. 不含鹽類的水中							
0.00	—	—	—	16	0.0131 0.26		沒有 CO ₂ 的空氣 大氣中CO ₂ 的平均 含量 土壤空氣中CO ₂ 的 平均含量
0.03	—	—	—	0	0.089 1.60		
0.03	—	—	—	16	0.0634 1.25		
0.03	—	—	—	30	0.0523 1.05		
0.30	—	—	—	16	0.1554 2.6		
1.00	—	—	—	16	0.2029 4.05		土壤空氣中CO ₂ 的 最高含量
10.00	—	—	—	16	0.4700 9.3		
100.00	1.0	—	—	16	1.0986 21.0		大氣壓力下CO ₂ 的 飽和溶液
—	10.0	—	—	18	2.56 51.0		
—	25.0	—	—	18	3.43 63.3		
—	35.0	—	—	18	3.80 75.9		
—	56.0	—	—	18	3.97 78.5		
—	56.0	—	—	55	2.50 50.0		
2. NaCl 溶液中							
0.03	—	51.6	865	16	2.93 56.0		最大的溶解度
0.03	—	265.0	4530	16	0.0634 1.25		
3. Na ₂ SO ₄ 溶液中							
0.03	—	140.0	1970	25	6.50 130		