

白云岩形成問題的事实和假說

H.M. 斯特拉霍夫

尽人皆知，白云岩的形成問題，是岩石学理論中最令人头痛的一个問題。直到現在，在这方面仍旧意見紛紛，矛盾百出，妨碍着研究人員、特别是其中的新生力量的工作。但是，近10年来，也逐渐积累起一些实际資料，只要加以客觀的研究，便可以大大地縮小理論分歧的范围，并能将对成因問題的探討引到一个比較明确的軌道中去。可惜，还有許多研究人員并没有完全了解和充分估計到这些新的事实。这篇报导的目的，就是要簡要地概括一下这个問題当前的实际情况和提出一个成因方案来。在我看来，这个方案是从事实出發的，而且完全符合事实。

一、关于白云岩的类型和形成白云岩的 岩相环境方面的主要事实

討論白云岩成因問題的时候，應該注意到六个有根本意义的地質方面和一部分地球化学方面的事实。

1. 第一个事实就是白云岩有多相性 (полифациальность)，这就是說，白云岩是在千变万化的岩相环境中形成的〔6〕。現在已确知有这样一些白云岩：湖相白云岩，其中至少又有两类湖泊——苏打湖 (塔納塔爾 [Танатарские] 湖) 和碳酸湖 (巴尔喀什湖，布尔林 [Бурлинский] 湖群)；泻湖相白云岩，不但有盐水泻湖相的，而且也有淡水泻湖相的；最后，还有海相白云

岩，既有在海盆地邊緣半隔離的水域中生成的，也有在海洋中央生成的。在圖解（圖1）中已經把白云岩堆積的多相性表示得一目了然，其中第一行概括了白云岩在現代蓄水盆地中的分布情況的資料，第二行總結了在古生代盆地中的分布情況的資料。

2. 雖然形成白云岩的岩相環境是變化多端的，可是白云岩的岩類卻只有兩種：層狀的和交代式的。

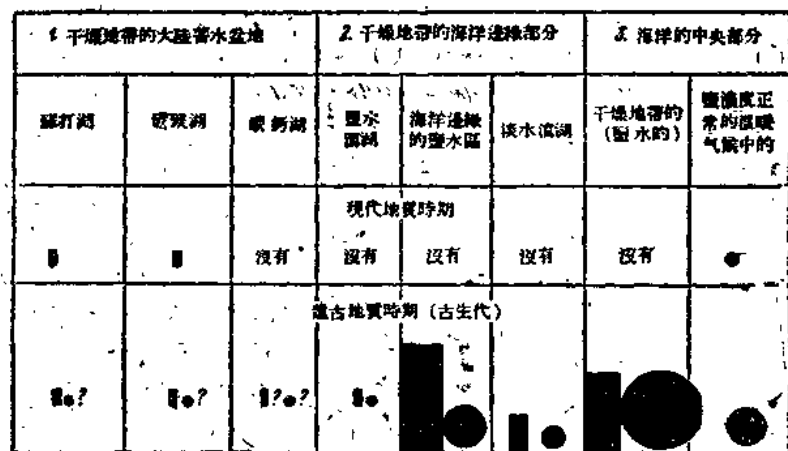


圖1. 形成白云岩的岩相環境

長方柱體表示層狀白云岩（沉積白云岩）；圓圈表示斑點透鏡狀的交代式白云岩（沉積—成岩白云岩）

層狀白云岩的特點，是岩層不但能在幾公里，而且能在幾十公里、甚至好幾百公里的長距離內保持穩定，例如卡希拉（Каширские）的白云岩（赫沃羅娃〔И. В. Хворова〕），又如莫斯科向斜西北部斯捷曉夫（Стешевские）層和普羅特瓦（Протвинские）層交界處的“蠕行狀”（червеходы）白云岩層（維什尼亞科夫〔С. Г. Вишняков〕）。岩石的成分與正常的白云石相同，根本不含方解石，或者只有很少的 CaCO_3 雜質。經常呈泥岩狀結構，或者呈微粒和細粒結構，有表現極輕微的再結

晶現象。生物的殘骸是沒有的，或者有也很少，而且性質是貧瘠的：大部分都是介虫類，腕足類很少，但都是別有風格的；動物化石整個兒組成一種獨樹一幟的生物群，與下伏和上覆的碳酸鹽類岩石中的生物群有鮮明的差別。在白云岩層中常常或多或少地摻雜着葉片狀石膏晶體的痕迹；受到淋蝕作用以後，就只殘留着這些晶體的縫隙了。有時，螢石能取石膏而代之（卡希拉的白云岩）。層狀白云岩常常也多少摻雜一些細小的泥質材料，這就使白云岩成為泥質的，一直到過渡為白云泥灰岩；另外，也因此產生了往往是很薄的層理。在泥質礦物中，常見的是蒙脫石，石棉和海泡石。區別層狀白云岩的最重要的標志，就是看不出較早產生的碳酸鈣堆積有什麼被白云石所代替的痕迹。只是當白云岩層中含有完全或部分由白云石構成的介殼材料時，才可以說白云石交代了方解石，可是，在這個場合中，這種現象的規模當然是小得可憐的。

交代式的白云岩的特點，是有五花八門、形形色色的產狀。有時它是呈層狀的。輪廓和構造都很複雜的透鏡體，能延長幾公尺、甚至幾十公尺；在另外一些場合中，它又是伸長的、輪廓稀奇古怪、構造也很複雜的透鏡體，能延長幾十以至幾百公尺，常常劈成許多分枝；還有，有時呈岩瘤狀，輪廓光怪陸離，無奇不有，長度和厚度都有幾公尺；有時又呈走向長幾十公分的斑點狀，有時又呈細脈狀，等等，應有盡有。但是，萬變不離其宗，這一類的白云岩與層狀白云岩總是有三個特別不同的標志。第一個標志就是透鏡體（甚至呈層狀的透鏡體）、岩瘤以至斑點內部的白云石含量（*доломитность*）無不變幻莫測。白云石的含量可以從90—95%一變而為2—3%，甚至更少，而且高白云石的地段和低白云石的地段竟會出奇地一同出現在一塊有限的地方，叫你找不出任何什麼明顯的規律性來。與此同時，在白云透鏡體、岩瘤和斑點的結構中，卻能輕而易舉地覺察出白云石交代方

解石的清晰的迹象。交替作用最初是侵襲細粒的胶結物，在胶結物中时而發育着白云石顆粒构成的有規則的菱面体或菱面体的堆积体，时而發育着无規則的段塊。随后，交代作用就进占生物殘骸——有孔虫类的介壳、腕足类、斧足类，等等，直到最末了才白云化的海百合类。总的說来，被交代的方解石（无机成因的或有机成因的）的粒度越粗，它就越难被白云石所代替，因此，交替作用产生的时期也就越晚。由于交代作用的緣故，又产生了这种交代式白云岩的第三个特点（有判別作用的标志）：这种白云岩沒有自己固有的生物群。还要补充一点，第二类的白云岩常常是有孔隙、有空洞和松散的，而且不乏鉄化的痕迹，这表现在它常呈强度不等的微紅色或锈褐色。

至于提到白云岩在各种岩相的沉积層中的分布情况，那末，根据这个問題上的現有的知識，我們只好說，無論在什么环境中，都能遇見两类白云岩。

3. 在分析那些沉积白云岩的現代和古代的湖泊和海洋的水化学条件时，在絕大多数情况下都可以發現蓄水盆地总是有明显的某种程度的盐化标志，另外，也能在許多情况下發現鹼儲备（щелочный резерв）和pH增高了。同时，还能看出，成矿的順序到处都是一样的：起初是形成方解石，后来，盐浓度增高了，才輪到白云石。

例如，在現代苏打湖中，矿化 $<0.1\%$ 时，只沉积方解石；矿化較高时才出現白云石，如果 $S=0.2-0.3\%$ ，白云石便占碳酸盐总数40%以下，如果 $S=1\%$ ，白云石便达90—100%（表1）[3]。

在碳酸鎂水的現代湖泊中，起先（当盐浓度在0.2%以下时）只沉积純方解石，或者掺杂有微量的白云石（不到1.5%），这种方解石有一部分，有时甚至很大一部分是有机物形成的[1]。当盐浓度为0.5—1.5%时，沉积物中的白云石含量就提高到60—70%；

现代湖泊沉积物中的碳酸盐类的成分

表1

蓄水盆地名称	方解石, 占沉淀物的 %	白云石, 占沉淀物的 %	菱铁矿, 占沉淀物的 %	白云石含量, 占碳酸盐的 %	蓄水盆地的盐浓度
一、蘇門湖					
盧布列沃	34.47	22.31	沒有	38.50	
塔納达尔四	6.81	31.54	沒有	82.00	
塔納达尔五	3.30	23.90	沒有	87.00	
塔納达尔三	0.13	14.00	沒有	109.00	
二、蘇俄湖					
小白楊湖	14.48	沒有	沒有	0	由淡水到 0.2%
馬瓦湖	57.50	沒有	沒有	0	
砂湖	25.68	沒有	沒有	0	
巴尔哈什湖, 西湖区	23.41	1.45	沒有		
大白楊湖	27.24	6.54	沒有	19	0.2—4.5%
巴尔哈什湖, 东湖区	28.43	87.75	沒有	56	
巴尔哈什湖, 东湖区	29.68	32.37	沒有	52	
巴尔哈什湖, 东湖区	25.52	33.89	沒有	61	
大庫隆达湖	3.80	18.25	沒有	83	
大庫隆达湖	10.83	27.90	沒有	72	
大庫隆达湖	3.01	20.06	沒有	90	
安日布拉特湖, 白色軟泥	7.03	沒有	20.95	—	
安日布拉特湖, 白色軟泥	5.39	沒有	10.15	—	盐濃度在 14%以上的 天然盐水
近巴尔哈什湖群					
不溶解的无水芒硝殘渣	12.33	沒有	49.51	—	
不溶解的无水芒硝殘渣	21.29	沒有	24.17	—	
不溶解的无水芒硝殘渣	15.29	沒有	41.91	—	

盐浓度为 4.5% 时, 白云石含量便占碳酸盐类总数的 90%。但是, 如果盐浓度特别高 ($>14\%$), 白云石就差不多完全消声隐迹了, 代之而起的是方解石和菱镁矿的分别沉淀 (表 1)。

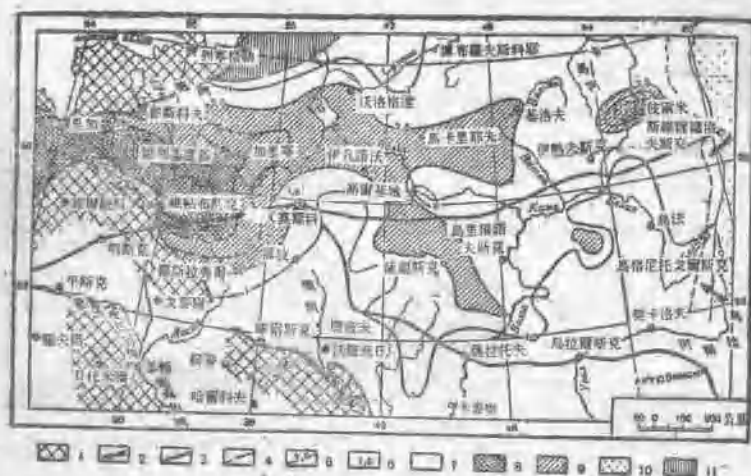


圖 2. 俄罗斯陆台和乌拉尔山碳酸盐类岩层中镁的分布情况
(根据罗諾夫的原圖簡化繪制)

1—侵蚀区域; 2—碎屑材料搬运的方向和淡水运流可能经过的道路; 3—侵蚀区域边界; 4—俄罗斯陆台和烏拉尔地槽的边界; 5—鎂的等含量线(%); 6—鎂在剖面中的平均含量(%); 7—石灰岩主要分布区域; 8—白云岩主要分布区域; 9—石灰岩和白云岩之间的过渡型碳酸盐类岩石的分布区域; 10—海濱陸棚沉积物; 11—大陸沉积物

在現代海洋中不能产生白云岩, 但是, 相反, 在許多古生代的海盆地中, 白云岩却分外發育, 例如俄罗斯陆台的 D_3-C-P , 西伯利亞、中国、北美及其他許多陆台的 $Cm-S$ 。而且, 在这些地方, 白云岩有时是集中在海洋的邊緣部位, 有时却相反, 是集中在海洋的中央地带, 形成巨厚的堆积; 如果白云岩是沉积在海

洋的中央，邊緣地帶便沒有白云岩，或者有也極少，只是堆積着石灰岩類。根據羅諾夫(А. Б. Ронов)編制的俄羅斯陸台上古生界的圖和方案(圖2—5)以及澤里昂諾夫(К. К. Зеленов)編制的西伯利亞陸台 $С_{m_1}$ 系的圖和方案〔6〕(圖6)，都可以清楚地看出白云石形成作用(доломитообразование)的這種兩面局限性。

在邊緣部位形成的白云岩層中，含有螢石，有時還有石膏(硬石膏)的夾層，甚至完整的厚層，另外，隨着岩石中的白云石含量的增加，生物越來越少了，所有這些，證明發育着白云石形成作用的邊緣海域含有一定的鹽份。不但如此，就是在俄羅斯



圖3. 俄羅斯陸上古生代碳酸鹽岩層中鹽的分布情況
(根據羅諾夫的原圖縮繪)

1—侵蝕區域；2—碎屑材料搬運的方向和淡水運流可能經過的道路；3—侵蝕區域邊界；4—俄羅斯陸台和烏拉爾地槽的邊界；5—鹽的等含量線(%)；6—鹽在剖面中的平均含量(%)；7—石灰岩主要分布區域；8—白云岩主要分布區域；9—石灰岩和白云岩之間的過渡型碳酸鹽岩的分布區域；10—海濱陸面沉積物；11—大陸沉積物

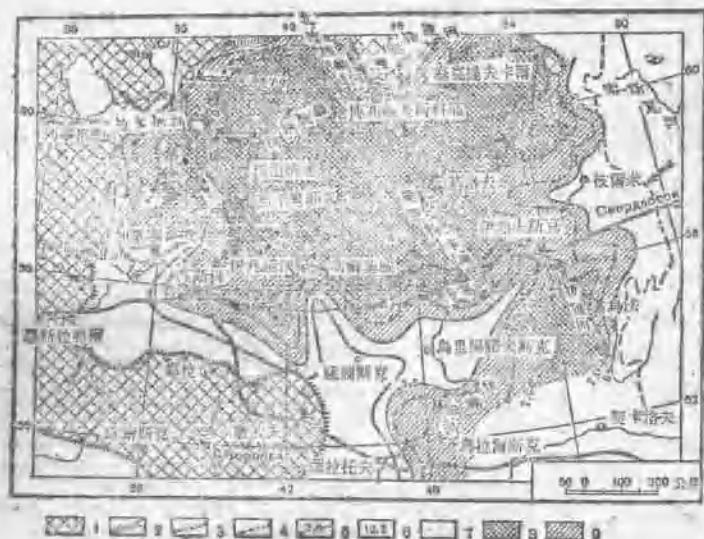


圖 4. 俄罗斯陆台雅克超碳酸盐岩层中盐的分布情况
(根据罗诺夫的原图简化编制)

- 1—侵蚀区域；2—碎屑材料搬运的方向和淡水运流可能经过的道路；3—侵蚀区域边界；4—俄罗斯陆台和烏拉尔地槽的边界；5—盐的等含量线(%)；6—盐在剖面中的平均含量(%)；7—石灰岩主要分布区域；8—白云岩主要分布区域；9—石灰岩和白云岩之间的过渡型碳酸盐类岩石的分布区域

陆台的石炭纪海洋中央部位产生的白云岩，也有许多明显的迹象，足以说明它们是在盐浓度比没有堆积白云岩的周边地带稍微高一些的海域中生成的〔6〕。动物化石在碳酸盐类岩层中的分布情况就可以说明这一点。在沿海洋周边地带分布的石灰岩层中，动物化石极其丰富，种类也非常多；我们现在对石炭纪海洋中的生物的了解，正是研究了这些动物化石以后才得到的。可是，在白云岩中，生物残骸就寥寥无几了，动物化石的种类也比较单调。而且，生物的缺乏，至少在很多情况下都不是与形成交

代式白云岩有关的次生标志，而是白云岩与生俱来的特点。薩馬爾斯卡婭盧卡（Самарская Лука）的上石炭系就是一个久已知之的卓越例子，諾因斯基（М. Э. Нойнский）早在40年以前就說過：这里的动物化石从下往上与岩石中的白云石含量的增加而相应地减少，是一个可以說明海洋盐化不断增高的原生标志。上登門那組中的动物化石同样是随着沉积物中白云石含量的增加而相对减少的，大家都知道，这也是一个原生标志。根据罗諾夫的

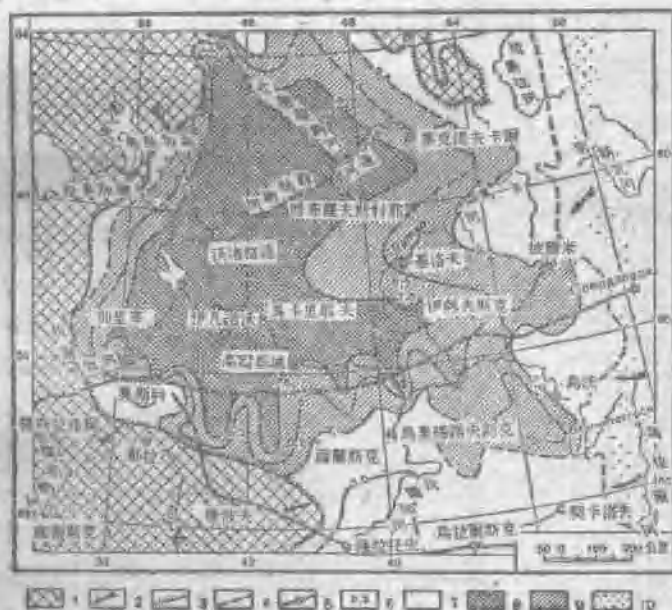


圖5. 俄罗斯陆台中石炭系鹽漬岩層中鹽的分布情况
(根据罗諾夫的原圖縮化繪制)

- 1—浸蝕区域；2—碎屑材料搬運的方向和淡水運流可能經過的通道；3—侵蝕區域邊界；4—俄罗斯陸台和高拉爾地槽的邊界；5—鹽的總含量（%）；6—鹽在剖面中的平均含量（%）；7—石灰岩主要分布区域；8—白云岩主要分布区域；9—石灰岩和白云岩之間的柱狀型鹽酸鹽岩的分布区域；10—指淋溶沉積物

資料。在俄罗斯陆台中央C₁的上部（維完組）和中石炭系里面，也發現有这种情况〔6〕。

于是我們有充分的根据認為，堆积着白云岩的俄罗斯陆台上古生代海盆地的中部，确实有比周边的海滨地带稍微高一些的盐浓度。想用数字来表示盐浓度高多少，当然是很困难的，但是應該注意到，在現代的紅海和地中海中，盐浓度已高达38-42%，也就是已超过規定标准20%，可是仍然沒有对海生动物产生一点明显的抑制作用，然而在远古海洋的白云岩海域里面，动物却是被

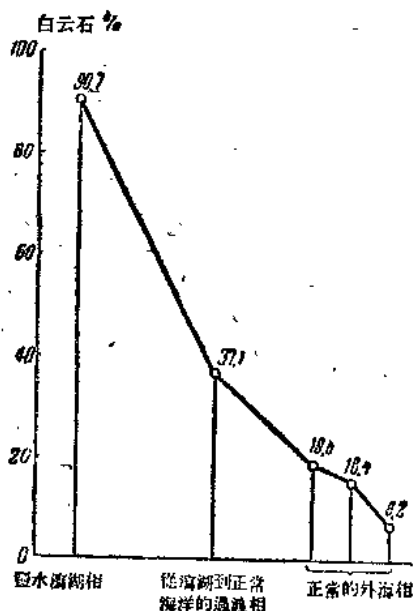


圖 6. 下寒武紀各种岩相的岩群中的白云石平均含量
(据澤里昂諾夫)

抑制着的。可見俄罗斯陆台上古生代海盆地中部的盐浓度，至少在若干个时期中曾經比周边的（正常的）盐浓度高 8—15—20%，而且还可能更高一些，要高等于周边盐浓度的一倍半至两倍。还有一个証据是：在層状白云岩中找到了分散的螢石晶体，有时还有局部的石膏夾層。石炭紀海洋中央的成白云岩地带盐浓度稍微高一些是很容易解釋的，这是因为在干燥气候

中海面水份的蒸發非常激烈。海滨地带的蒸發虽然也一样激烈，但是蒸發量却被从大陆（显然是从溫湿地带）来的淡水潛流

(ПОДТОК)抵消了；而海洋中部实际上是受不到这种潜流影响的。

可見，不論白云岩是产生在湖泊或泻湖中，是产生在远古海盆地被隔絕的边沿地带或陆台海洋的中央，形成白云岩的水域总有一个不变的特点，这就是这里的盐浓度永远比没有产生白云石形成作用的水域高出一些。这个情况非常确切地说明了，白云岩在远古的湖泊和海洋中的大量堆积，絕不是与任何什么气候都相干的，它只能产生在特定的气候带中。从下古生代就开始的大規模的白云石形成作用，是干燥地带、干燥成岩（аридный литогенез）的一种特殊过程。例外情况是少有的，而且在这种場合中白云石形成作用也發育得很微弱，溫湿地带的白云石形成作用差不多唯独發生在礁相之中。

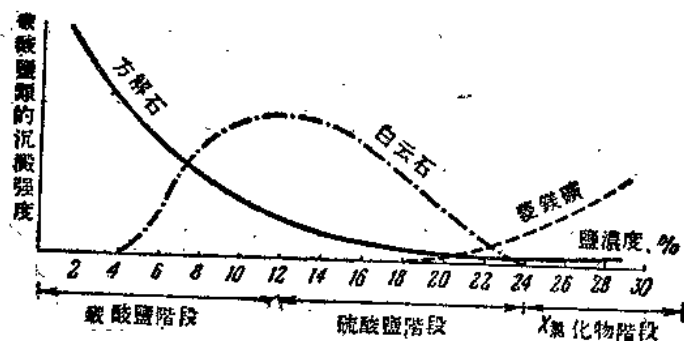


圖7. 孔谷期烏拉爾地區的泻湖盐化过程中矿物共生关系的变化情况

橫坐标——水的盐濃度(%)；縱坐标——方解石、白云石和菱鎂礦的沉澱強度(据斯特拉諾夫和茨維特科夫)

4. 白云石形成作用，在干燥地带蓄水盆地盐化的过程中完全有規律地占据着一个特定的位置。这是由我和茨維特科夫(А. И. Цветков)首次在烏拉爾地区南部的孔谷組^①中發現的。在圖7的曲線上可以看出，白云石形成作用是跟在方解石形成作

用之后，至沉淀石膏时發育到高峰，此后，这个作用便急剧收歛，在高盐浓度时，在石盐沉淀的附近，被方解石和菱镁矿的分头沉积所代替。在海成的古生代泻湖中，到处都可以无例外地看到碳酸盐类形成作用的这种演变情况。中生代和第三紀的海成泻湖盐化时，就不一定会有白云石形成作用了。有时有，有时又没有。例如，德国和高加索的上侏罗紀蓄水盆地盐化了，但也形成了白云岩層；南塔吉克斯坦同一时代的泻湖虽然也盐化了，可是沒有白云岩期，石膏直接就把石灰岩代替了。北非上白堊紀和始新世海洋的个别海域盐化了，而白云岩阶段絲毫未見發育；但费尔干納和塔吉克斯坦的旧第三紀海盆地的發育时期，却有白云岩阶段。在現代的海泻湖中，大家都知道，根本沒有白云岩阶段；然而在特种水（碳镁水）的湖泊中都有白云石形成作用，而且这个作用相当于盐化的中間阶段，它在盐浓度为3—4%左右的时候接替了方解石形成作用，而当高盐浓度时又讓位給方解石和菱镁矿的分头沉淀〔3〕，換句話說，仿佛是在一种特定的現代环境中重現着古生代海盆地里广泛發生过的景象。

5. 白云岩的形成，無論在古代还是現代，都不但要求盆地的盐浓度要比正常的海水盐浓度来得高，而且要求水的礦儲备特別大，要求 CO_2 的含量也很高。

对形成白云岩的現代湖泊所作的观测，和近来用实验方法成功地制出了白云石所得資料，都无可怀疑地証实了这个情况。例如，在巴尔哈什湖中，只是当礦儲备达到每公升12—13毫克当量、pH达8.8—8.9时，白云石才大量出現；在布尔林湖群和苏打湖中，情况也是一样。由于在水中聚积着大量的 MgCO_3 ，而在苏打湖中还集合有大量的 Na_2CO_3 ，才造成了这样的条件〔3〕。

卡查科夫（А·В·Казаков）〔2〕在温度为 150°C 的安鈺

(安瓿) 中, 当均匀的溶液里面含 CaO 28毫克/公升、 MgO 86毫克和 CO_2 总量412毫克时, 制成了白云石; 这时, 礆储备为 18.7毫克/公升, $\text{pH}=6.66$, CO_2 总量/礆储备的比值 $=3.09$ [2]。显然, 在普通温度下, 礆储备还应更高一些。不久以前, 齐林格尔 (G. V. Chilingar) 报导了制造白云石的很有趣的试验 [9], 他写道: “把1公升海水装在设有电动搅拌器的容器 (container) 里面, 往水中加21.3克 MgCO_3 和1.97克 CaCO_3 (这相当于 CO_2 为4个大气压时 MgCO_3 和 CaCO_3 在海水中的最大溶解度) 以后, 将容器置入 CO_2 为4个大气压的热压器 (autoclave) 中。第二周末形成的沉淀物中的 $\text{Ca} : \text{Mg}$ 的比值等于1.8。虽然沉淀下来的微粒用于测定它们的光性时实在太小了, 可是仍旧测得了白云石的折光率 (1.7)。X射线分析也确定了含有白云石” [9, 2261—2268页]。

大家都看到, 这两项制取沉淀物中的白云石的试验, 是在与自然条件相差悬殊的情况下进行的, 但是却同时一致明确说明了: 为了产生白云石, CO_2 的值, 当然还有礆储备, 都必需比产生方解石所要求的高得很多。齐林格尔写道: “从前, 地质学家和化学家从海水中沉淀方解石的尝试都失败了, 那正是因为他们没有采取高压的 CO_2 。”

于是, 根据在自然界中的观测和试验, 我们就可以肯定地说, 白云岩过去和现在在某些地方都是在盐浓度稍微高一些与礆储备和 pCO_2 高得多两相结合的条件下产生的, 而且, 盐浓度在这当中的作用无疑是次要的, 它只是证明了存在着能将礆储备提高到足以使水溶液中的白云石达到饱和点的蒸发作用。

6. 近10年来, 已经把地球历史上发生过的白云石形成作用的发育过程查清得历历在目, 这个过程是一去不复返了。一方面, 这是因为许多形成白云岩的相, 特别是在古生代中分布那么广泛的与干燥地带的海洋有关的各种相 (泻湖相、边缘海相、远海

相)都“消亡”了;另一方面,也因为白云石形成作用的旺盛程度已经衰退。第一个情况只要对照一下图解(圖1)的上下两行就可以一目了然。

至于提到地球历史上白云石形成作用旺期的衰退,那末应该交代一下,这个事实首先是由德利(Р.Дели)对比了美国古生代和中生代岩層生物数量分析的資料以后发现的。后来,維諾格拉多夫(А.П.Виноградов)、罗諾夫和拉登斯基(В.М.Ратинский)也把俄罗斯陆台同类岩層中的这一过程弄得清清楚楚(圖8a和б),而且他們这一次有巨量的数据作为根据[1]。1956年,齐林格尔又一次以美国的岩層作为实例論証了这一过程[9]。中国陆台也有一般性的类似資料。

1956年評論这批資料的时候,我就談过这种想法,中生新生代白云石的銳減,是不是因为古生代所有的三个干燥地帶的陆台

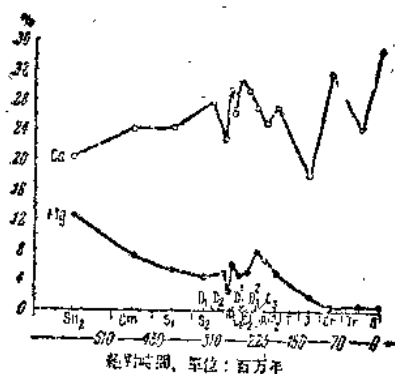


圖8a. 俄罗斯陆台碳酸盐类岩石中的Ca和Mg的品位随时间的变化(根据7600次已公布的分析和8847个样品平均試样的198次分析的数据)

——北美、俄罗斯和中国陆台——在中生代和新生代的时候全都轉入了溫湿地帶的緣故呢?为了檢驗这种看法是否正确,必需收集北非Cr和Pg这两个系的碳酸盐类岩石的資料,因为那时北非处于干燥地帶。后来我大体上作过这种檢驗,虽然没有收集到数据,但是根据一般

的地質描述仍然可以十分清楚而明确地看出，在中生新生代干燥地带的海洋和海灣中根本沒有發生过任何什么白云石形成作用。在那些地方是繼續形成与石膏共生的純粹的石灰岩。这意味着上述俄罗斯和美国的著作所証实了的白云石形成作用的急剧衰退，反映出了过去确实有过海相白云岩的“消亡”过程，反映出了这个过程是

被鈣質岩石所代替了。这个过程当然是在更早的时期中开始的，只是到古生代的末期才蓬勃發育并变得十分明显。

我說的六个根本性的事实就是这些；解释清楚这些事实，是任何一个关于白云石形成作用方面的現代假說所不能逃避的。現在我們来看看現有的各种假說对这个問題的交代究竟有几分合乎情理。

二、关于白云岩成因的主要几种假說和对它們的分析

到現在为止，在白云岩的成因問題上，出現了三个严重的分歧意見。

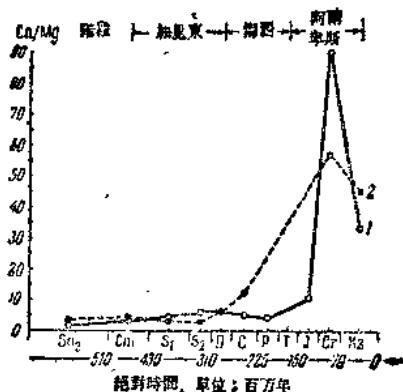


圖 86. 俄罗斯陆台和北非碳酸盐类岩石中的Ca: Mg 的比值随時間的变化曲綫

1—俄罗斯陆台碳酸盐类岩石 8955 次已公布的分析和 8847 个样品平均試样的 198 次分析兩項数据的平均值；2—北非碳酸盐类岩石 853 次分析的平均值（根据德利的資料）

第一个意見要算我們这里的諾因斯基和維什尼亞科夫(С.Г.Виняков)提得最明确〔6〕。他們認為白云岩在成因上截然分为兩类，層狀白云岩是直接從水中沉淀下來的沉積作用的產物，斑狀交代式白云岩是後來石灰岩在潛水作用下產生的後生作用的產物。

第二種主張流傳得廣泛得多，陳述得最透徹的人首推捷奧多羅維奇〔5〕。根據這種主張，層狀白云岩也是原生的、沉積作用的產物，在自然界中占很大數量優勢的斑狀交代式白云岩却是成岩作用的產物。在成岩作用的早期形成這種白云岩，是因為通過各種方式從底層水(придонная вода)中來的 Mg^{++} 離子代替了原生石灰質軟泥中的 Ca^{++} 部分；加壓反應(реакция Гайдингера)，在沉積物中的 pCO_2 增高的情況下 $CaCO_3$ 和 $MgCO_3$ 溶解度的互相接近，還有，溫暖的底層水流對沉積物的影響，在這個過程中都起了很大的作用。

第三種看法是1951—1952年我在薩馬爾斯卡婭盧卡研究了 Ca 系碳酸鹽類岩石以後形成的〔6〕。根據我的這個看法，層狀白云岩和斑狀(交代式)白云岩在成因上沒有原則性的區別。在這兩種場合中，白云物質都是通過這種或那種方式從底層水(придонная вода)中沉淀下來以後就進入沉積成岩(седиментогенез)階段的。不過在形成層狀白云岩時，沒有摻雜 $CaCO_3$ ，或者雖有，但數量極少；相反，產生斑狀交代式白云岩時， $CaCO_3$ 的數量相當大，甚至可以說蔚為壯觀，而且白云物質和 $CaCO_3$ 起初都是均勻地分布在沉積物中。在成岩作用的過程中，白云質組份大張旗鼓地進行再分配，從一部分地方退出來，集結在另一部分地方，從而形成透鏡體、斑狀體、岩瘤及其他種種奇形怪狀的東西；這時，在再集結的地方，白云石當然就代替了方解石，於是，產生了白云石交代原生石灰質沉積物的鮮明景象。

對白云岩成因問題同時並存着幾種有原則性差別的解釋，使

我們必需仔細地分析，其中的每一種解釋究竟有幾分符合上一節所說的關於白云岩的實際知識。

斑狀交代式白云岩的後生作用說，有三個嚴重的漏洞。假如這些白云岩真的是後生作用的產物，它們就不可能帶有在特定的自然地理環境中形成的標志，可是實際上卻偏偏有這種標志。交代式白云岩絕大部分是產生在乾燥地帶的蓄水盆地中，而且還是在乾燥地帶的有某種鹽化標志的盆地裡面。同時，也弄不懂通過後生作用而形成白云石的作用到底為什麼會如此廣泛地在古生代的岩石中發育，而在隨後的中生代（例如白堊紀）岩石中卻又驟然收斂了起來呢。後生作用說不可能將白云石形成歷史上的這兩個根本事實解釋清楚，而且干脆只能置若罔聞。

最後，後生作用說也不可能合情合理地純粹從數量方面來解釋這個作用。應該注意，含有斑狀白云岩的地層裡面的平均白云石含量常常是很高的，能達到40—50—70%，例如在薩馬爾斯卡婭盧卡的C₃系中就是這樣，從羅諾夫繪制的其他各地層的圖上也可以看到這個情況。這要求後生作用能帶來大量的鎂，可是鎂的來源又在那里呢？對這個問題，後生作用說拿不出令人滿意的答案來；在那些可以用計算的辦法來處理這個問題的地方，例如薩馬爾斯卡婭盧卡〔6〕，就會發現原來這種來源在自然界中是沒有的。後生交代作用無從得到所需要的鎂。斑狀白云岩為什麼能在自然界中大量發育，後生作用是根本無法解釋的。這種作用只有可能形成數量微不足道的小斑點、細脈和碳酸鹽類岩石中的小規模孔隙充填。這樣一來，我們只好在第二種假說（即成岩說）和第三種假說（即沉積說）之間選擇其一了。

根據成岩說，最初是在海底沉積石灰質軟泥，只是後來在成岩作用過程中，軟泥把底層水中的Mg“吸吮”了出來，沉積物中這才有了鎂。這種說法無論是對白云石形成作用只能在乾燥地帶產生，無論是對白云石形成作用在地球歷史上的總的發展過