

对硬石膏水化作用的分析並論山西 中奥陶世石膏矿床的成因

金 立 地

(山西地质厅)

一、前言

山西中奥陶统馬家沟石灰岩組頂部,为一个厚100—150米之石膏-硬石膏-白云石建造。經几年普查、勘探証实,这种石膏矿床成因,并非交代或其他的成因,而属化学沉积矿床,即与主要蓄水地区相隔离的蓄水盆地——泻湖,由于水之蒸发而形成的石膏-硬石膏矿床。

当对这种矿床之产状、物质成份、矿石结构、构造等进行分析后认为,它又可属于化学沉积矿床中的后生矿床。在得出这个結論过程中,由于硬石膏水化作用而遗留下来的各种现象,无疑是起了很大的作用。

一般說来,石膏同生矿床,是由于二水硫酸鈣($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)直接从溶液中沉积而成。但它在世界其他各地分布很少。如 И. М. 塔塔林諾夫^[1]认为沉积在巴黎盆地的第三紀石膏矿床,即属此种类型,在这里的沉积层中,沒有硬石膏。又如我国的山西及湖北的第三紀石膏矿床,也可能属此类型。

石膏的后生矿床,一般为无水硫酸鈣(硬石膏)的原生沉积,以后在渗透水的影响下,經受水化作用而变为石膏。这是由于石膏在近于一个大气压和正常温度下比硬石膏稳定的緣故。此种矿床在世界上分布很广,而且規模都很大。

在苏联,典型的后生矿床是頓巴斯巨大的二迭紀石膏矿床^[2];它們生于二个层位中,即石炭二迭紀一下二迭紀白云岩层中,和二迭紀含盐层中(在成因上与石膏有关)。二迭紀岩石的錯动,一部分原因是与硬石膏的水化作用有关,它使石膏层产状相当不規則,形成透鏡体,并聚集成羣。矿床主要是由白云岩及石膏夹层的頁岩构成,而在石膏中則夹有多量硬石膏、石灰石、粘土之小透鏡体。

后生矿床之特征,正如 М. Ф. 維庫洛娃所作的关于頓巴斯石膏层岩石的研究所指出的那样,所有石膏层只生于地表带,深处則为硬石膏所代替。又如美国紐約州的志留紀龐大的石膏矿床,在30—40米处,石

膏逐漸被硬石膏所代替,到75—90米处,則硬石膏完全代替了石膏。这种矿床的另一特点为:与硬石膏由于水化作用而变成石膏的同时,岩石体积也增加30—40%。而这种现象延至深处(大約距地表150米),直到压力阻止这种反应为止。其結果,往往引起石膏层小褶皺的产生或使其膨胀成为很厚的透鏡体,有时則尖灭或楔入岩盐层、白云岩层中。同样原生沉积石膏落到比較深的地方时,也能变成硬石膏。

后生矿床所以比同生矿床分布得较为普遍,这与当时沉积时的水化学特性有关,例如硬石膏在60℃以上的温度中,从純溶液中沉淀出来。而当溶液中含有NaCl,特别是 MgCl_2 时,硬石膏在30℃、甚至在25℃时就开始沉淀。而石膏則是在較低的温度下沉淀出来的。由于 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 一般是从富含氯化物的咸水中沉淀出来的,而氯化物能从含水硫酸鈣中夺取水分,所以应该认为大部分 CaSO_4 矿层,最初是成为硬石膏而沉淀的。

本文目的在于通过山西某地一带同一层位中的若干个石膏矿床的硬石膏水化作用的分析,对出露在山西地台(可能还要向西面延伸)的中奥陶统馬家沟石灰岩組頂部之石膏矿床进行成因探討。

二、石膏-硬石膏矿石类型

本区石膏矿床的最大特点是:石膏和硬石膏在矿石结构上、化学成份上及空間的展布上,显示出千絲万縷的关系。可以根据石膏矿石之结构构造以及石膏或硬石膏的含量把本区矿石分成以下几个成因类型:

1. 块状石膏:灰黑色、細粒或似斑状结构,块状构造,由98%石膏和少量硬石膏、白云石构成。据鏡下鑑定,石膏(Γ)一般呈細針状或片状相互縱橫密嵌。在少数情况下,石膏片状晶体作平行排列。晶体,大者0.5—2毫米,小者0.05毫米以下。硬石膏(AH)多呈集合体分布在較大的石膏板状晶体内部。白云石呈極小的顆粒不均匀地分散在岩石中,有时具完好之菱面体晶形或集集成条带状。此外尚有分布不均匀、含量

甚微的泥质团块(見封三图1)。

化学成分: 結晶水占 17.62—19.64%; SO_3 占 40.48—44.52%; CaO 占 31.49—33.52%; MgO 占 1.95—0.65%; SiO_2 占 2.56—0.28%; R_2O_3 占 1.72—0.12%; 在矿物成分中, 石膏占 84.22—93.88%; 硬石膏占 2.93—2.23%; 白云石占 9.13—3.04%; 粘土矿物占 4.28—0.40%。

2. 角砾状-条带状石膏(硬石膏): 硬石膏在水化过程中由于本身之节理、层理及杂质等因素而形成由硬石膏和石膏构成的一系列构造, 其中水化較輕微者形成树枝状、馬尾状、网状。水化較厉害者則形成角砾状及条带状(見封三图2)。

据鏡下鑑定, 硬石膏(AH)为細粒状(0.05—0.5毫米)集合体, 有时呈細小顆粒分布在石膏斑晶中, 占 50—74%。石膏(Γ)呈三种形式出現: 一为粗大之斑晶(0.2—0.5毫米)呈零星状分布, 常含有硬石膏小顆粒。另一为与硬石膏构成条带状构造, 而其中硬石膏条带又往往被石膏細脉所切割。最后一种为呈脉状充填的纖維石膏集合体, 且細脉有互相穿插現象。石膏占 25—50%; 白云石呈 0.01—0.02 毫米的顆粒不均匀地分散在石膏、硬石膏中, 但在硬石膏中分布較多些。有时硬石膏呈条带状, 其中所含白云石也呈条带状。白云石占 50%。此外尚有 1% 不規則泥质成分散布(見封三图3)。

在化学成分中, 結晶水占 7.06—12.84%; SO_3 占 51.99—48.76%; CaO 占 37.89—35.72%; MgO 占 0.62—0.61%; SiO_2 占 0.32—0.54%; R_2O_3 占 0.12—0.18%。相当的矿物成分有: 石膏占 33.75—61.38%; 硬石膏占 61.34—34.87%; 白云石占 2.90—2.85%; 粘土矿物占 0.44—0.62%。

3. 斑状水化硬石膏: 这种石膏具斑状结构, 即石膏斑晶一般呈不均匀状散布在硬石膏基中。据鏡下鑑定結果, 硬石膏(AH)呈致密粒状(0.1—0.2毫米), 半自形晶体, 构成基質, 占 75%。石膏(Γ)为 1—5 毫米的斑晶, 相当均匀, 有时則不均匀地散布在硬石膏基質中。石膏斑晶有时与硬石膏呈粒状鑲嵌结构。此外在石膏斑晶中有零星散布之硬石膏晶体。石膏共占 10—25%。有时尚含有弯曲状泥质条带, 显示出岩石會有过柔性变形(封三图4)。

在化学成分中, 結晶水占 3.54—8.71%; SO_3 占 53.24—40.13%; CaO 占 38.43—31.90%; MgO 占 0.98—3.27%; SiO_2 占 1.08—5.14%; R_2O_3 占 0.32—3.58%。在矿物成分中, 石膏占 16.92—41.63%; 硬石膏占 77.27—35.65%; 白云石占 4.59—15.30%; 粘土矿物占 1.40—8.72%。

4. 块状硬石膏 此种石膏为灰色块状构造, 性脆, 节理发育, 多少有些水化痕迹。据鏡下鑑定結果, 硬石膏(AH)呈 0.03—0.05 毫米之晶体, 占 95—98%。石膏(Γ)一般呈 0.5 毫米的斑晶, 有时也呈微小晶粒鑲嵌在硬石膏顆粒之間, 或者由于显微层理或节理, 呈細脉状充填在硬石膏中。但不論石膏在硬石膏中存在形式如何, 在石膏晶粒中, 都有硬石膏細小的、不均匀分散体。石膏占 2—5% (見封三图5)。在所含化学成分中結晶水占 0.79—4.35%; SO_3 占 54.30—47.65%; CaO 占 40.28—37.51%; MgO 占 1.19—2.41%; SiO_2 占 0.18—0.88%; R_2O_3 占 0.02—1.08%。在所含矿物成份中, 石膏占 3.78—20.78%; 硬石膏占 89.35—64.74%; 白云石占 5.57—11.28%; 粘土矿物占 0.20—1.96%。上述各个矿石类型的本身特点及相互間关系可归納如下:

① 两个极端矿物(石膏和硬石膏), 都含有另一方的定量的成份。通过若干矿区几千个样品分析也証实了这一点。如在某矿区 ck_1 孔的 48 个块状石膏样品中, 几乎都含有 1—3.3% 之硬石膏, 但二者間一般不存在严格的消长关系。故推想全区石膏矿床的全部情况也可能是这样。

② 角砾状-条带状石膏和斑状水化硬石膏, 分别为石膏及硬石膏之过渡产物, 因此它們在靠近这两个极端矿物的那部分, 相互間差別較大, 这是由于水化程度不同所致。但它們相邻的那部分就很近似, 这說明它們是按照矿石结构构造来划分的, 而实质上, 从矿物成份和成因观点来看, 总的說来, 二者应为两个极端矿物的过渡类型。

③ 从 CaSO_4 和 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 曲綫規律来看, 二者相互間有一定的消长关系, 且曲綫形状基本一致, 这說明在具有过渡类型矿石的地段, 其原生矿物似应为硬石膏, 而在块状石膏分布地段, 其原生沉积物大部分也应为硬石膏。

④ 硬石膏的水化作用有两种形式, 在第一种形式下, 水化作用是沿着硬石膏的层理面、节理面或其他的, 虛弱带进行的。水化作用如果只沿水平虛弱面进行的話, 則只形成馬尾状、条带状。当水化作用是同时沿若干个方向的虛弱面进行时, 則形成网状、树枝状、角砾状。水化作用进行方式包括两个阶段, 起先是地下水把裂縫二壁之硬石膏顆粒水化成石膏顆粒(从硬石膏顆粒边部向中心进行水化), 并繼續向垂直二壁方向伸展, 然后把若干个水化地带互相构通, 使硬石膏呈“孤島状”。然而进一步的水化作用又使这些“孤島”逐渐消失, 而成为块状石膏。在第二种形式下, 水化作用是沿着硬石膏顆粒間进行的。即地下水沿着硬石膏顆粒

間隙縫“漫流”，結果形成一個或若干個硬石膏顆粒被一個石膏顆粒所“交代”的現象。與此同時或稍晚，水化作用也可沿若干個方向的虛弱面進行，但這種方向往往與硬石膏顆粒排列方向是近似的。由以上所述可知由水化作用而形成之石膏，根據其形式來看，除一個硬石膏顆粒被一個石膏顆粒“交代”之現象可能屬原生沉積石膏外，其他形式均為硬石膏水化作用的結果。

三、石膏—硬石膏空間上的關係

根據硬石膏水化程度的不同可劃分出三個水化區：

1. 完全水化區：本區內全部由塊狀石膏構成（實際上在一個石膏礦區中，它和其他非硬石膏礦石的儲量共占90%），而其中殘留的硬石膏，只能在偏光鏡下見到，當然在坑道中，偶爾也見到一些條帶狀、夾層狀、孤島狀的硬石膏殘留體，它所以仍能保存的原因，可能是由於雜質含量較高的緣故。

2. 部分水化區：本區內一部分為馬尾狀、樹枝狀水化硬石膏，另一部分為角礫狀、條帶狀水化石膏，偶爾也可以見到塊狀硬石膏。由於硬石膏本身之層理、節理很發育，又經過長期地下水滲透作用，幾乎很難找到絕對沒有水化痕跡的硬石膏。

3. 未水化區：本區幾乎全部為塊狀硬石膏。但由於幾年來石膏的普查、勘探工作，都是在硬石膏埋藏深度不超過200米的地段進行的，因此目前尚不能確切地証實未水化區是否存在。但根據後生礦床之特征及根據太原西山若干個煤田深部鉆孔來看，可能有未水化區存在。

上述水化區在平面上的分布規律以及相互間具體界綫的確定是一件比較困難的工作，因它要掌握許多資料，尤其是深部資料。現在僅根據少量的資料，提出這方面的看法：

根據某煤礦區勘探資料証實，在中奧陶統侵蝕面上或中石炭統本溪組中所開鉆的鉆孔，幾乎全部為石膏，而在上石炭統太原組開鉆的孔，已大部分成為硬石膏。此外，從另一煤田勘探區的資料來看，在石盒子統開鉆的孔則全部為硬石膏。因此可以初步得出一個概念：完全水化區一般分布在從石膏帶露頭處起至太原組為止的地段內，其埋藏深度為150—200米。再向深部即為未水化區。而部分水化區的分布是非常不固定的。它可以出現在完全水化區之中部或出現在其他兩個水化區之過渡地段，甚至在適當的條件下，還可能出現在未水化區的某一地段。這種特點說明了：復蓋層的厚度對硬石膏水化作用起着主要的作用，但在某些情況下，構造和硬石膏本身所含雜質也起着主要作用。

四、影響硬石膏水化作用的因素

1. 水化作用的時間 從下列例子中可以確信，水化作用是多次性的，且從極老的地質年代到近代都是存在的。這些例子是：①角礫狀水化石膏之“膠結物”（即石膏）被纖維狀石膏脈所貫穿，同時纖維狀石膏脈本身又被粗大之石膏斑晶所橫截；②具有三個階段形成的石膏脈互相橫截出現在斑狀水化硬石膏中，而其中石膏斑晶又橫截所有之石膏脈；③硬石膏礦層由於坑道頂板滲水，使其表面已水化成多量石膏集晶體；④硬石膏絕不會與喀斯特溶洞共生在一起，因溶洞是硬石膏水化產物——石膏進一步溶解的結果，而喀斯特溶洞的形成時代是在晚石炭世以後及第四紀以前。因此水化作用在晚石炭世以前就已進行了。同時也可以說喀斯特溶洞是硬石膏水化作用繼續的另一種形式。根據若干個礦區喀斯特係數及水質分析結果可知，在漫長的地質年代中，已有約占礦體總體積的10%的石膏被地下水溶解走，而且今後這個作用將會繼續存在，即地下水在硬石膏分布區的有利地段進行水化作用，而在那些已經水化成石膏的某些地段，又進一步發展成喀斯特溶洞。

2. 硬石膏中的共生雜質 這種雜質包括白云岩和粘土質礦物。它對硬石膏水化作用的影響可從下列幾點中得到証實：①硬石膏層已經水化成角礫狀或塊狀石膏，而其中之粘土質硬石膏夾層，尚未水化，或者在靠近頂底板、夾層附近之硬石膏往往水化不強烈；②由於水化作用的結果，其殘留硬石膏形狀往往與其本身所含之白云岩形狀相一致。同時已經水化成石膏之白云石含量往往比尚未水化的硬石膏含量要少，這一點似乎與喀斯特溶洞往往發育於成份相當純之石膏層中，屬同一個原因。但是由於雜質而影響水化作用，只是一個局部的、次要因素。

3. 硬石膏礦層埋藏深度 一般說，硬石膏層埋藏深度越大，越能阻止水化作用的進行，並且還可以使那些原生沉積的石膏脫水變成硬石膏。這種觀點與本區硬石膏數量隨着埋藏深度加大而增加的規律基本相吻合。但也有許多例外情況：如在某礦區離地表很近的透鏡狀石膏礦體中心，仍保留有“硬石膏核心”。又如在另一礦區離地表只有20米之坑道內，仍有硬石膏存在。而更多的情況則是，在離地表150—200米之深處，仍有大量石膏存在。這種與上述觀點相矛盾的現象，一方面說明了阻止水化作用進行所需的深度（150米）並不是一個常數，它是隨當地具體條件而變化。另一方面在分析硬石膏水化作用時，埋藏深度不是一個唯一因素，而且對某些構造發育地段來說，不是一個主要因素。

4. 地质构造 现将不同的几种地质构造分述如下:

1) 由地壳运动而引起的构造现象:中奥陶统出露部分及其上复地层在汾河两岸,均为水平地层,故柔性变形是不显著的。但喜马拉雅期之断裂构造在各个矿区则普遍存在。断层方向大致与“汾河地堑”平行,断层性质为交角度的正断层,断距从几十米到100米。在硬石膏埋藏较浅的部分,由于受断层的切割,石膏大部被溶解完了,而在埋藏较深部分,因受断层切割,除水化作用外,甚至在部分地方还发育有喀斯特溶洞。

2) 非地壳运动而引起之构造现象:由于地下水对石膏溶解结果而形成的水平喀斯特溶洞,互相沟通后溶洞内的岩石由于重力影响发生破坏而形成椭圆形之塌陷。它往往成为地表水流向石膏矿体之通道。此外由于硬石膏在水化过程中,体积膨胀作用产生了各种形变。由这种形变所形成的构造一般有下列几种:①显微构造:在偏光镜下,见到斑状水化硬石膏中之粘土质条带,发生微小之褶皱;②微小构造:由0.5—0.68毫米之白云石和石膏微粒构成之条带状构造(也是一种韵律构造),受构造变动而发生小褶皱,并且也有微小之错动现象;③小构造:在各个矿区之石膏坑道中,可以普遍见到石膏或硬石膏矿层形成之小型褶皱,其幅度为2—3米。有时也可以看到由于褶皱而引起的石膏层之不连续现象;④从石膏矿体产状来看,绝大部分为层状或似层状矿体,但在某些矿区则有透镜状矿体,其倾角为 30° — 45° 它不可能是原始沉积产物。又如在晋祠还见到一个由若干个石膏透镜体因膨胀而挤压成的巨大透镜体。但这种透镜体沿走向即被层状矿体所代替;⑤石膏矿体内部小断裂相当普遍,一般断距十几厘米至2米不等,多为正断层或阶梯式正断层。

从以上的叙述可以知道,在纯的硬石膏层中,由于水化作用而引起之构造现象是普遍存在的,但其表现程度是非常微弱的,于是在那些由其他非硬石膏成分占半数的矿石中(如在白云质石膏、粘土质石膏中)由水化而产生之膨胀作用显然是更加微弱了。另外由于膨胀而产生的变形主要是在上复层压力小于由硬石膏水化而产生的膨胀力时才显示出来。显然本区这个条件是不具备的。根据上述二点即能初步解释为什么本区的石膏带所以不能发育有强烈的褶皱和断裂的原因。

构造对水化作用影响显然是比较大的,它决定着部分水化区的分布规律;破坏了硬石膏数量随埋藏深度的加大而逐渐加多的规律以及喀斯特的分布规律等。

5. 地下水的活动特点:下面要引用的水文资料,

虽属近代,但结合山西地台中奥陶世以后基本上是隆起的特点,故仍有一定的代表性。

根据汾河两岸若干个矿区的资料,复盖在石膏带上部的主要含水层有上石炭统晋祠砂岩组。含水层全靠降水补给,由于中石炭统之“G层铝土矿”为一个隔水层,致使地下水通过断层、中奥陶统灰岩之裂隙、溶洞及塌陷等流入石膏带。最后,地下水沿着发育在石膏带底部之巨厚石灰岩中之水平溶洞流入山前冲积层中。由于上述原因,这种地下水之循环系统,使我们认识到埋藏在地下深处之硬石膏为什么仍继续进行着水化作用的原因。事实上某矿区西面之深部钻孔,均位于大断裂两侧,并且在地表上也看到塌陷地形,结果在这些钻孔离地表130—180米深处,根本没有硬石膏,而且所见石膏也呈溶蚀状,在个别钻孔中还见到石膏块、煤块、砂岩块混杂在一起的景象。

地下水活动显然和构造有关,那么它对硬石膏水化作用影响程度也是和构造因素相近似的。

五、小结

本区石膏矿床为后生矿床,这一点可从以下几点中得到证实:

1) 在本区石膏矿床中目前虽未发现其他盐类矿物,但在沉积硬石膏时的咸水中,各种氯化物是存在的,由于它们有吸水的特性,因此原生沉积应为硬石膏。这还可从石膏、硬石膏过渡类型矿石的存在、粘土质硬石膏之存在以及白云质硬石膏和白云质石膏相互递变的景象得到进一步的证实。当然原生沉积的石膏在局部的情况下,也是存在的。

2) 两个极端矿物(石膏和硬石膏)相互间总含有另一方的一定成分。但为什么硬石膏,在现有几个矿区中分布很少呢?这可能与目前工作地段只局限在埋藏不能算太深的地段以及平行于“汾河地堑”之正断层发育、离开汾河很近,且水文地质条件复杂的地区等有关。总之应结合那些能影响水化作用的因素去加以解释。当然也可能在某几个矿区,其原生沉积的石膏比硬石膏多,但这也不能排斥后生成因。

3) 各矿区之硬石膏数量随埋藏深度加大而增加的规律,显示出后生矿床之特点。但例外情况可用其他足以影响水化作用进行的因素去解释。但是目前要确定阻止水化作用进行的具体深度还没有充分的依据。

4) 本区矿床由于水化作用而引起之体积膨胀及相应之变形是不显著的。这可从以下几点去解释:

① 硬石膏由于水化而产生之膨胀力小于上复地层之静压力。这可从近地表的矿体有一部分为透镜体,但在深部几乎全部为层状或似层状体。此外也可

以从含石膏矿带的本身特征上来分析。换言之,在横向上,矿带厚 50 米,只有顶部变薄为泥灰岩与石膏层互层,而中及下部为白云岩、各种角砾岩及白云质石膏(白云石占 50% 呈各种形状与石膏共生在一起)和角砾状石膏(石膏与其他岩石呈碎块状混杂在一起)。因此整个含矿带只有顶部才可能具有因水化而产生之膨胀力。在纵向上,石膏层沿走向而迅速尖灭,也就是说在平面上的分布特点为:它们都是面积约 2—3 平方公里的互相孤立的小盆地。因此根据石膏带纵向和横向的分布特点,故从其本身由于水化而产生之膨胀挤压力显然小于上复的、几百米厚的地层的静压力,在这种力学条件下,由于硬石膏水化而产生之岩层构造变动是不显著的。但在局部地方,在一定的条件下,也可以表现出较激烈的变形。

② 根据本区石膏矿床之共生矿物类型及它们所构成的韵律构造可知,当石膏-硬石膏沉积时,海水含盐度波动于石膏(硬石膏)与白云石饱和溶液的浓度之间,因此不太可能形成岩盐或其他盐类矿物。

③ 通过硬石膏水化作用的分析,将为我们提供关于喀斯特在盐类矿床中发育的某些因素及其分布规律。例如喀斯特一般发育在较纯的石膏分布地区;在硬石膏大片出露地区,喀斯特不发育;在构造发育地段和有地下水循环系统的地区,喀斯特分布最广,程度也最激烈。

④ 由于硬石膏和石膏在工业上有不同的应用范围,故在已圈定的泻湖盆地中再圈出三个水化区(至少圈出完全水化区和未水化区)的分布范围,具有一定的实用意义。

参 考 文 献

- [1] B. E. 什涅依杰尔, 1956: 石膏。地质出版社。
- [2] A. Г. 别杰赫琴, 1954: 矿床学(第三篇)。地质出版社。
- [3] M. A. 马尔丁诺夫, 1957: 石膏矿床的成因、工业用途和勘探方法(未刊稿)。
- [4] M. C. 什维佐夫, 1956: 沉积岩石学(下册)。地质出版社。

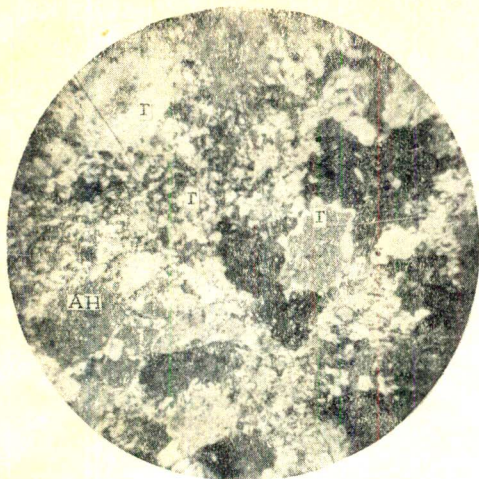


图1 块状石膏
(图中白色斑点为硬石膏,正交偏光镜下)

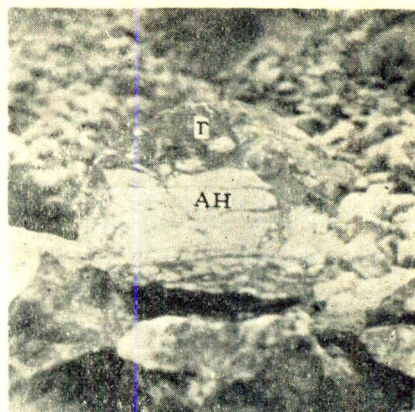


图2 角砾状一条带状石膏
(图中白色者为硬石膏,灰色者系沿节理及层理水化而成的石膏)

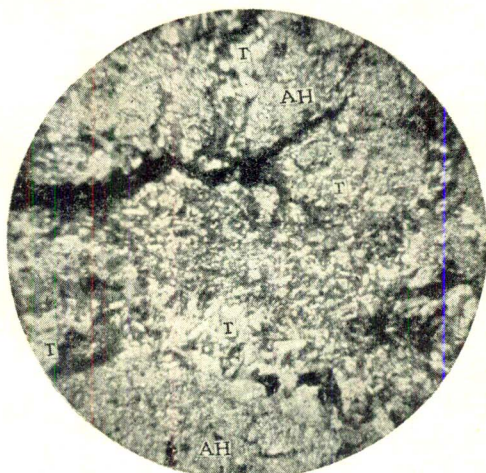


图3 硬石膏在石膏斑晶中的散布情况
(正交偏光镜下)

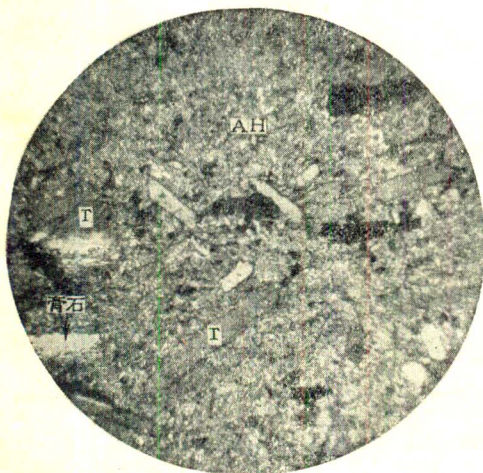


图4 斑状水化硬石膏 (正交偏光镜下)

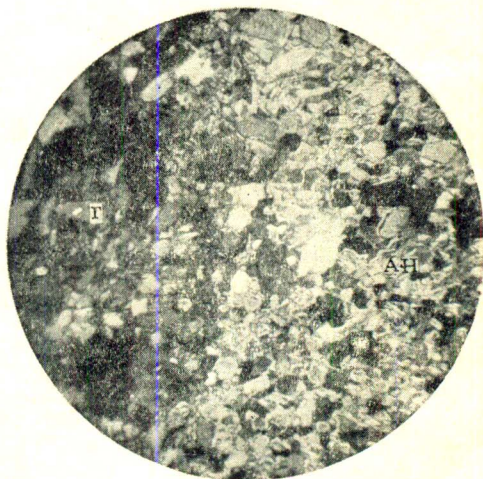


图5 块状硬石膏 (正交偏光镜下)