

工業礦物原料叢書

石英岩、脈石英和砂岩

波塔平科著

地質出版社

443(2)
3441

工業礦物原料叢書

石英岩、脈石英和砂岩

波塔平科 著

地 質 出 版 社

本書係蘇聯地質部礦物原料研究所主編的“對礦物原料之質量方面的工業要求叢書”(Требования промышленности к качеству минерального сырья)(爲簡便起見,我們簡稱“工業礦物原料叢書”)第七冊“石英岩、脈石英和砂岩”(выпуск 7, кварцит, жильный кварц и песчаник),波塔平科(С. В. Потапенко)著,蘇聯國立地質書籍出版社(Госгеолиздат)1946年出版。由中央人民政府地質部編譯室翻譯審校。

工業礦物原料叢書 第十號

雪號0042 石英岩、脈石英和砂岩 35千字

著者	波塔平科
譯者	中央地質部編譯室
出版者	地質出版社 北京安定門外六鋪炕
經售者	新華書店
印刷者	北京市印刷一廠

印數(京)1—5000
定價 5,500元

一九五四年三月北京第一版
一九五四年三月第一次印刷

原 序

這套叢書的任務，是爲了幫助地質工作者對於礦物原料質量進行評價。針對着這個任務，本叢書主要是敘述各個工業部門對各種礦物原料及其加工產品所提出來的技術要求。

書中所列述的技術定額均附有說明及技術根據，這就大大地便於了解各種指標的作用及意義。

本書對地質學、礦物學、技術樣品的取樣、加工、選礦、經濟學以及野外試驗及實驗室試驗等問題，也都約略談到。

這樣，野外地質工作者就有可能從一本小冊子中來找到有關他們在勘探某種礦產時，有關工業評價上有許多極重要的實際問題的答案。

本叢書擬分冊出版，共分六十冊。其中有五十冊敘述最重要的礦產，其餘十冊是對於根據工業上不同的用途而分類的各種礦物原料的綜合性的敘述。例如磨料、填料、陶瓷原料、光學礦物等。

這樣的小冊子還是第一次編印出版，無論是在國內或國外的文獻中，都沒有類似的出版物，書中可能有遺漏、錯誤、含混及其他疏忽的地方。編輯部要求所有的讀者對於每一冊書都提出自己的批評和希望。我們將非常感謝，並在再版時很好地考慮這些意見。

本手冊係蘇聯地質部委託全蘇礦物原料研究所編寫而成。

#2450

定價：3,500 元

目 錄

原 序

一、總述、成分和性質.....	(1)
二、分類.....	(9)
三、蘇聯原料基地的簡要介紹.....	(17)
四、開採方法和原始加工.....	(21)
五、應用範圍和技術要求.....	(23)
六、石英岩的代用品.....	(43)
七、質量試驗.....	(44)
八、一些最重要的經濟資料.....	(54)
九、對石英岩礦床初步評價所必需的主要地質資料和 技術經濟資料.....	(58)

參考文獻

30/03

一、總述、成分和性質

堅硬的矽酸質岩石——石英岩、石英岩狀砂岩、矽質的和其他類型的砂岩、脈石英、矽質角岩（次生石英岩、碧玉岩等），在工業和建設上應用很廣。石英岩是生產矽磚的主要原料，也用於冶金工業。但是，矽磚的生產，特別是在冶金工業上，除石英岩外，還採用其他的矽酸質岩石，尤其是脈石英和某些砂岩。砂岩和石英岩也大量地用作建築材料，特別是作為裝飾材料以及其他方面^①。

因此，就有必要把它們歸入一個手冊中來研究。

脈石英是酸性岩漿分異後當其冷卻時，由於氣化作用和熱液作用而形成的岩石。它主要是由結晶的集合體連生在一起而組成的。硬度很大，具平坦或鱗紋狀（занозистый）斷口。

無膠結物的變質石英岩，按其結構和性質頗類似細粒脈石英。它們是由有鋸齒狀邊緣的石英粒緊密結合在一起組成的，沒有膠結物。在石英粒間夾有各種礦物雜質（雲母、金屬礦物、金紅石、鋇英石等），但這些雜質，有時作為包裹體而存在於石英粒中。變質石英岩經常呈淺灰色或灰色；各個石英顆粒用肉眼是看不清的，斷口呈鱗紋狀，且帶有銳利的稜角；硬度和強度都很大。

①屬於堅硬矽酸質岩石這一類的砂藻土、板狀砂藻土（тропелы）和泥灰石，其工業用途各有其特性，當在專門書中研究。

矽質石英岩狀砂岩，是由氧化矽膠結石英砂所形成的岩石。石英粒的膠結方式有以下幾種：（1）在石英粒的自由面上生長有次生石英膠結物；（2）呈石髓、正髓石或蛋白石狀的次生氧化矽在碎屑石英顆粒周圍膠結而成；（3）次生石英和雜質沉積於石英粒之間作為基底膠結物（базальный）而成者。

石英岩狀無膠結物的或膠結物較少的砂岩，是由少量氧化矽和各種雜質膠結的砂子，並經受壓力的影響壓緊而成的。它們是由完整地保存着碎屑形狀的石英粒所組成。

在這些砂岩中有建築用的砂岩，它是石英粒及其他碎屑顆粒由各種雜質膠結而成的。根據膠結物性質的不同，可分為碳酸鹽質砂岩、泥質砂岩、鐵質砂岩等等。

矽質角岩（次生石英岩、燧石、碧玉岩等），是由次生石英或石髓、有時還帶有蛋白石雜質所組成的隱晶質岩石。

砂岩和石英岩的形成方式極不相同。最常見的是砂粒沉積由黏土質、鐵質、碳酸鹽類、錳質或矽質膠結物膠結起來，並藉助於壓緊或填充在各個石英粒間的細粒物質的重新結晶而成，這些細粒物質是與石英粒同時沉積下來的原生膠結物。但是膠結物也往往在沉積物形成之後，多少經過一些時間才在沉積物中出現，這種膠結物稱為次生膠結物。

第一種情況是膠結物與岩石石基（основная масса）同時生成；第二種情況，膠結物為後生。

在很多情況下，原生膠結物後來被其他成分的膠結物所

代替(如碳酸鹽類膠結物被矽質的或鐵質的膠結物所代替)。原生膠結作用(同生的)很少發生在沉積物本身形成的時候,大部分是發生在它形成以後(遺腹的(постумная))。後一種膠結作用或是由於深部的岩漿地下水(熱液作用)或滲流地下水(變質作用),或是因為地表水、潛水(下降作用)而引起。這些水的作用,或是表現為原生膠結物的重結晶(內成的膠結物),或是表現為帶進膠結物質(外成的膠結物)——氧化矽、碳酸鹽、氧化鐵等——並將其填充到原生岩石之空洞和裂隙中,或者表現為一種成分的膠結物或岩石為另一種成分所交替(矽化作用、鐵化作用),最後,或表現為岩石的分解,遺留下氧化矽殘體(殘留的和次生的石英岩)。

也有些罕見的情形,即是膠體的或非膠體的氧化矽與氫氧化鐵,一起沉澱在沙漠或半沙漠中的小閉流盆地內。

深部循環水交代或析走岩石的作用,往往發生在高溫高壓情況下。因此砂岩的原生礦物成分就大大改變,石英溶解並重新結晶,泥質部分變成雲母和綠泥石等,遂形成變質石英岩。放射虫岩和矽藻土在這種情況下變成矽質岩石和碧玉岩。帶酸性的熱水溶液分解噴出岩及其凝灰岩,形成次生石英岩(哈薩克)。

發育很廣的石灰岩的矽化作用,常與各種水有關,不僅是深處循環水、熱液水,同樣也和上部的地下水有關,但在第一種情況下,其作用的規模比較大。

上部地下水也同樣可以引起岩石(碳酸鹽、碳酸鹽化的

蛇紋岩、輝長岩等)的充分交代,或者填充岩石中的裂隙和空洞,或者形成呈細脈狀、小透鏡狀等的侵入體。

在不斷供給離子狀態的氧化矽的情況下,氧化矽就圍繞着石英顆粒作定向的生長,並形成完整晶體,或它們具有鋸齒狀的邊緣互相緊密地聯結在一起(無膠結物的石英岩)。如果膠狀的氧化矽沉澱得很快,即生成蛋白石及石髓,這些逐漸地變為石英(膠結石英岩)。這時石英粒可能被這些礦物所包上或石英粒不發生變化,而被它們膠結起來,在充填空洞的石髓或蛋白石膠結物中形成微晶質的石英,又由於氧化矽(基底膠結物)尚少結晶,故此等微晶質石英的數量會逐漸增加。

所形成的石英岩和砂岩受風化時,膠結物漸漸溶解,岩石失去自己的強度,變成鬆軟的岩石或者是瓦解而破碎。

砂岩和石英岩的產狀極為複雜,最常見的為層狀。對帶有原生碳酸質和鐵質膠結物的變質石英岩和砂岩來說,一般是厚而且厚度均勻的岩層。厚度和走向不穩定、岩層不均勻、且呈透鏡狀、巢狀、扁豆狀的石英岩和砂岩,其產狀是具次生膠結物的岩石所特有的。尤其是為在地下水作用下而形成的岩石所特有;在這種情況下,與交代作用有關的石英岩,其產狀有時呈岩株狀。

礦物特徵。根據對各種氧化矽原料的物理化學性質和結構,以及對人造氧化矽的研究結果得知:氧化矽在普通的物理化學的條件下,可以呈以下幾種狀態存在:非晶質、玻璃

質和結晶質之各種同質異像的礦物——石英、石髓、正石髓、血矽石和鱗石英。

石英和石髓具有完全相同的結晶格架，這些礦物的一些外形和光學性質上的差異，是由於它們結晶時的各種條件不同。正石髓和石髓之區別在於延展性不同：石髓的延展性為負 (отрицательное)，而正石髓則具有正延展性。

血矽石和鱗石英的結晶格架很近似，其微小差別是由於鱗石英結晶格架中有礦化劑而生成的，當有礦化劑存在時，氧化矽就在溫度 $870-1,500^{\circ}$ 範圍內成鱗石英結晶出來。

石英、血矽石和鱗石英每種都有 α 和 β 兩種形態，從 α 石英變成 β 石英，從 β 石英變成 α 石英的轉變溫度是 $570-575^{\circ}$ ，血矽石是 $200-270^{\circ}$ ，鱗石英大約是 $120-130^{\circ}$ 。在進行物理化學研究時，鱗石英的第三種形態 γ ，不是都能見到的。

各種同質異像之氧化矽都具有不同的物理化學特性（比重、化學穩定性、熱容量、硬度等）。

各種同質異像的氧化矽，其比重(D_4^{20})如下：

石英—2.650；石髓—2.610；血矽石—2.325；鱗石英—2.27—2.31；蛋白石—1.90—2.0；透明的石英玻璃—2.214；非晶質的氧化矽—約1.90。

折光率也隨密度的大小而變：石英折光率最大，蛋白石和非晶質的氧化矽的折光率最小。

各種同質異像的和各種變形的氧化矽礦物的特徵，可參

看表 1。

表 1

各種同質異像和變形的二氧化矽	晶系	折光率			光軸角	比重	變形點溫度
		Ng	Nm	Np			
α 石英	三方晶系	1.553	1.544	—	+0°	2.65	$\alpha \geq \beta$
β 石英	六方晶系	1.54	1.45	—	—	—	
α 石髓 正石髓	三方晶系	1.543	1.532	1.530	+40°	2.61— 2.63	$\alpha \geq \beta$ 575°
		1.554	—	1.533	+55°	—	
α 磷石英	斜方晶系	1.475	1.47	1.169	+50°	2.27 —2.32	117°
β 磷石英	三方晶系	1.47	—	—	—	約為 2.50	$\beta \geq \gamma$ 163°
γ 磷石英	六方晶系	—	—	—	—	約為 2.50	
α 血矽石	三斜晶系	1.487	1.487	1.484	-40°	2.53	$\alpha \geq \beta$
β 血矽石	等軸晶系	—	—	—	—	2.21	
蛋白石	非晶質	—	約為 1.44	—	—	1.88或 更大一些	約為230° 未知
石英玻璃	非晶質	—	1.46	—	—	2.21	未知

註：在表 1 中，根據過去各研究氧化矽同質異像的科學家的著作和英文著作，在常溫下穩定的變形標記為 2α ；在高熱下形成的變形以字母 β 和 γ 為標記，此正與德文著作和 1930 年以後出版的俄文著作相反，它們把在 高溫下穩定的變形標記為字母 α ，而冷卻時形成的變形則記為 β 和 γ 。

化學成分。各種矽酸質原料的化學成分不是固定不變的，而是因雜質的存在而不同。各種較純的石英質岩石（脈石英、石英岩）含 SiO_2 約 98—99%，石英岩狀砂岩和矽質砂岩約含 95—97%。純矽質岩石很少遇到，它們通常含有大量的雜物，因此 SiO_2 的含量常常不超過 95%。蘇聯的石英岩的化學成分可見表 2。

物理性質。根據原料類型，矽酸質原料具有各種不同性質。脈石英和石英岩呈緻密狀，爲很硬又很堅實的岩石；砂岩次之。角岩、燧石、石髓、碧玉以及矽質頁岩等是緻密的，非常堅硬，具有貝殼狀斷口的岩石。

石英質岩石的比重2.65—2.66，矽質岩石的比重是2.50—2.63。

矽酸質原料的耐火度決定於氧化矽的狀態和雜質的含量。非晶質狀態或呈血砂石和玻璃狀的純氧化矽(SiO_2)在 $1,713^\circ$ 即行熔解。石英原料的熔融溫度還要高些。脈石英和較純的變質石英岩和石英砂岩於 $1,750—1,770^\circ$ 熔化。約含2%雜質的石英岩狀砂岩和矽質砂岩在 $1,730—1,750^\circ$ 熔化，含雜質約3%時在 $1,710—1,730^\circ$ ，而約含雜質4—5%時在 $1,690—1,710^\circ$ 熔化。含雜質約3—5%雜質的矽質岩石在 $1,690—1,710^\circ$ 熔融，只是雜質含量不超過3%的比較純的矽質岩石在溫度高於 $1,710^\circ$ 時始行熔化。

焙燒時的變化。各種石英原料（脈石英、石英岩、矽質砂岩）不加入其他物質經過長時間的焙燒，則石英粒在 $1,400—1,500^\circ$ 或更高的溫度下就變成血砂石，同時，其比重由2.65—2.66減低到2.32—2.33，體積增大20%，因此在焙燒時，石英原料變得鬆軟了，尤其是壓緊或成膠結得不够的那些石英原料。如果焙燒時的溫度低於 $1,400^\circ$ ，沒有碾碎和不加入其他物質的石英原料幾乎不變化。

次生石英或石髓佔主要成分的隱晶質的石英質岩石和矽

質岩石，在較低的溫度下（1,250—1,350°）就變成血矽石。這時往往分裂成大小不同的岩塊。

如果焙燒時溫度不超過 1,500°，有游離氧化物 CaO 、 BaO 、 MgO 、 SO_2 或碳酸鹽及呈金屬礦物的 Fe_2O_3 和其他基性物質加入時，氧化矽變成鱗石英；而加入高嶺土、長石、雲母、磷灰石、鋁土礦、二氧化鈦和某些其他礦物都不能促使氧化矽變成鱗石英。有這些混合物的存在時，在任何溫度之間，其轉變都是向着形成血矽石的方向進行。

緻密的純石英質岩石具有很好的耐酸性。

二、分 類

石英岩和砂岩分類問題，法國岩石學家卡依耶（Кайе Сауеих）已有非常詳細的說明。卡依耶把所有沉積石英質岩石按着岩石特徵分成兩大類——砂岩和石英岩。砂岩類又分為兩種類型：（1）砂岩，石英粒很少變化；（2）石英岩狀砂岩，為向石英岩過渡的岩石，部分顆粒顯有次生變化。石英岩類也分為兩種類型：（1）砂岩狀石英岩，其中石英粒尚保留有碎屑組織的痕跡；（2）石英岩，其中石英粒變化很厲害。砂岩狀石英岩分鐵質的、蛋白石質的、石髓質的等，而典型的石英岩可分為粒狀的、緻密狀的、層片狀的和斑岩狀的等。

什魏佐夫（М. С. Швецов）〔20〕把所有砂質岩石按其顆粒的礦物成分分成三大類：單礦物的、少礦物的和多礦物的。第一類是由一種礦物形成的，如矽質砂岩；第二類是石英粒為其主要的碎屑物質；多礦物的砂質岩石的特徵是：其碎屑物質和膠結物的礦物成分沒有一定，如長石砂岩、硬砂岩、凝灰岩。根據膠結物的成分每一類砂質岩石又包括幾種砂岩類型，而每一類型中又包括幾個種類。

庫高列夫（Г. В. Куколев）〔7〕根據烏克蘭砂磚製造工廠採用的矽質砂岩和石英岩的研究結果，提出了依據物理特性的技術分類。該分類的根據是：石英岩在焙燒時的變化（轉化）速度，原生的孔隙率和在焙燒時的鬆散程度。根據

這些特徵可將所有矽質砂岩和石英岩分為四大類，每類又可分為兩組。這個分類的缺點是：把次要的特徵來作了分類的基礎。因而各種在成因、組織和物理性質上不同的變質石英岩和矽質砂岩，都可能列入一類。然而，同一種的岩石，例如，同樣都是第三紀矽質砂岩，反而可分到不同的類裏去。

在波塔平科 (С. В. Потапенко) [13] 所提出的分類中，所有的矽酸原料（脈石英、石英岩、石英岩狀砂岩、矽質砂岩、石英砂、燧石、矽藻土、板狀矽藻土和矽質泥灰土）可分為六級或六大類：A、B、C、D、E、F。每級又分成三個類型—I、II、III，而每一類型又分為數種。分級的根據是原料的自然特點和它的技術上的特點。類型是根據組織的特徵來分的，種則按其物理性質（粒度、孔隙率、有無雜質和包裹物）而予以劃分。

在這個分類中也從是否有利於矽磚生產的觀點，根據現有的對石英岩和矽磚產品的技術條件，對各種類型的矽酸原料作了評價。A、B 和 C 級的矽酸原料——石英岩、矽質砂岩和石英岩狀砂岩就被廣泛地應用在這方面。

A 級包括脈狀石英和變質無膠結物的石英岩，B 級——有膠結物的石英岩和矽質砂岩，C 級——石英岩狀砂岩和普通砂岩，D 級——鬆散的石英碎屑岩石，E 級——角岩矽質岩石，F 級——矽藻土、板狀矽藻土和矽質泥灰土。

A 級，脈石英及無膠結物的變質石英岩屬 A 級，無膠結物的變質石英岩的主要物質是由結晶的石英顆粒組成的，這

些顆粒在結晶時，或由於後來的變質作用，相互連結為緻密體的塊狀。A 級又可分為三個類型。

A_I 類型——是由於氣化熱液作用而形成的原生石英質岩石，常在各種岩石之中呈石英脈狀和石英分泌物而存在。其種的劃分，是根據外部的特徵而進行的。

A_{II} 類型——無膠結物的結晶變質石英岩，它們是由緊密地結合在一起的、具有鋸齒狀邊緣的變質很顯著的石英粒所組成。種的劃分是根據粒度和用肉眼可以看得見的包裹物或雜質來分。克里沃羅格 (Криворожское) 和烏拉爾礦床的變質石英岩即屬此類型。

A_{III} 類型——主要是由經過強烈變化且拉長了的石英粒和雜質所組成的石英岩狀變質片岩。這些雜質主要是雲母和綠泥石，這就使這些岩石具有了片理。克里沃羅格和烏拉爾礦床的石英岩狀片岩即屬此類型。

A 級石英原料很難變化，常常需要焙燒到 $1,460-1,500^{\circ}$ (根據輻射熱度計所測)，並將此溫度保持一個較長的時間。雜質含量不大的各種細晶質的石英原料，對生產砂磚最適宜。粗晶質的各種石英原料在焙燒時，發生分裂或鬆散現象，製出的砂磚質量不合規格。各種包裹物和被膜易熔化，促使發生鬆散和分裂現象。而長石、雲母和綠泥石是特別有害的雜質。石英岩狀片岩生產砂磚不太適合，因為它通常含有過量的雜質。第一種石英岩所含 SiO_2 (似應為 Al_2O_3 ——譯者註) 應不超過 1.3%，第二種不超過 1.6%。