

A. И. 查哈尔欽科 著



成矿溶液与 石英脉的成因

地质出版社

成矿溶液与石英脉的成因

A. И. 查哈尔钦科 著

张 玉 珍 译

地质出版社

1960·北京

А. и. захарченко
МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИЕ
РАСТВОРЫ И ГЕНЕЗИС
КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ

ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ

Москва 1955

本書是作者詳細地研究了帕米尔地区石英脉矿物内包裹物的溶液，以闡述成矿溶液和石英脉的成因；并提供了矿床形成的物理化学作用及矿床成因一般問題的一些資料。

成矿溶液与石英脉的成因

著者 А. И. 查 哈 尔 欽 科
譯者 张 玉 珍
出版者 地 質 出 版 社

北京西四學市大街地質部內

北京市書刊出版登記證：許可証出字第050号

发行者 新华書店科技发行所
經售者 各地新华書店
印刷者 地質出版社印刷厂

北京安門外六鋪炕40号

印数(京)1--4300册

1960年4月北京第1版

开本850×1168¹/₃₂

1960年4月第1次印刷

字数110,000

印张4¹/₈

定价(10) 0 68 元

目 录

緒 言.....	4
一、石英脉的地質产状与类型.....	9
二、水热成矿溶液与石英生成的物理化学条件.....	26
(一) 测温研究的結果.....	26
1. 花崗岩內脉中石英的测温測定.....	28
2. 花崗岩外生接触处脉內石英的测温測定.....	36
3. 不同类型石英脉內矿物的测温測定.....	42
4. 关于热液石英脉形成温度的一般結論.....	47
(二) 溶液的的成分和氧化矽—石英溶解、搬运 及結晶的物理化学条件	50
1. 溶液的的成分(根据液体包裹物)	50
2. 石英的溶解、搬运及結晶的物理化学条件.....	59
三、成矿溶液的性質和石英脉的成因.....	72
(一) 伟晶岩脉矿物內的溶液包裹物.....	74
(二) 关于岩漿期后溶液 原生性的一些結論.....	80
(三) 石英脉的形成过程.....	87
1. 层状脉.....	89
2. 斜切脉与矿化带.....	93
3. 简单充填裂縫的横切稳定脉.....	95
4. 形状复杂的內含矿化洞——洞穴的脉的形成	107
四、一般結論和結束語	121
参考文献	129

緒 言

C.C. 斯米尔諾夫院士在 1946 年十分正确地指出，創立更完善的矿石生成理論是进一步扩大矿物原料基地的主要有效武器。做为这一理論的基础的，其中包括实用价值最重要的脉状矿床形成的理論，是最新的最有根据的关于內生成矿溶液的特性和性質以及矿床在深处形成的物理化学作用及热动力作用的概念。

很多人从事于成矿溶液的特性和性質以及矿脉成因的研究。在刊物上发表过相当多的文章都是闡明这一問題的，但到目前为止，这一問題还是远远沒有解决。仍然在爭論。

目前存在着許多极不相同的有关成矿溶液特性和脉状矿床形成过程成的理論与假說。其中最主要的有：在岩浆期后溶液活动过程中，矿床由热液与气化生成的假說；由于活化(активизированный)的天然降水活动发生側分泌而形成矿脉的假說；斯彼尔的“含矿岩浆”假說；矿床由特种“深处射气”形成的假說，近年来流行着所謂变化論者(трансформист)，他們認為围岩受超變質作用时造成形成矿脉的混合岩漿，粒間溶液及被挤出的物質等。基于火山活动及噴气活动、矿物沉淀、矿物合成及其他許多現象研究得出来的热液生成和气化生成的假說，几乎获得了普遍的承認。这一假說能够最令人信服地解释矿脉形成过程中的各种物理化学作用。

然而，上述各种假說(其中也包括热液假說)，沒有一个能十分令人信服地、无矛盾地闡明內生矿床成因上的許多問題，甚至是一些主要的問題。只要想一下 K. 芬涅尔(Fenner, 1940)、H. 鮑溫(Bowen, 1928)、Л. 格列頓(Graton, 1940年)、Г. 莫列依(Morey, 1937)、С. 罗斯(Ross, 1935年)之間的长期无效地爭論，或近年来在苏联学者之間进行的辯論就可以看出这一点。

有关溶液相态（气体或液体？）、真溶液或胶体溶液、酸性或硷性的，溶液的化学成分和浓度，溶液循环和矿床形成的温度和压力等主要的問題还在爭論，沒有解决。关于溶液的來源和溶液循环的原因、含矿和不含矿的礦物質（岩漿或围岩？）的來源，以及关于矿物和矿石沉淀及內生矿床形成的許多問題都正在爭論中。

上述諸問題都是极迫切需要解决的，因为有关矿床形成的一般过程的概念及由之而来的最主要矿产的普查和勘探方法的进一步发展均有賴于这些問題的解决。因此有关深处成矿溶液和內生矿床的形成过程的获得的新的实际客觀資料，当然具有很大意义。如現在所了解的，在矿物中分布极广的液体和气体包裹物，在頗大的程度上，正是这样的新資料。

矿物內包裹物溶液的詳細全面的研究，同实验室內人工获得的类似的溶液、矿物合成和天然的矿物形成体如石英脉的詳細研究一起提供給我們闡明矿床形成的物理化学作用及矿床成因的一般問題的許多資料。

矿物內溶液的包裹物很早就被发现。它們作为內生成矿溶液残余所起的作用已被伟大的俄国研究家Д.索科洛夫在 1832 年、А.П.卡尔宾斯基在 1880 年、Я.薩莫依洛夫在 1908 年指出来。

現在 250 多种矿物中已发现有成矿溶液残余的包裹物。最常見和最典型的是热液矿脉、伟晶岩脉及矽𤼮岩矿床等的矿物內的气体溶液包裹物和液体溶液包裹物。在这些广泛分布的矿物如石英、碳酸盐、重晶石、长石、石榴石、电气石、螢石、黄玉、金紅石、方鉛矿、閃鋅矿、黃鉄矿以及其他許多矿物內有大量的气体和液体溶液包裹物。在个别的晶体內，而特別是在脉充填充矿脉中成团块状的矿物中的溶液包裹物的总体積常达百分之几。它們是使石英渾浊和顏色变白的原因，也是其他許多矿物不透明的主要原因。根据某些研究家們（F. Zirkel, 1863; W. Prinz, 1882 年以及其他等人）的統計，矿物內特別是石英內微小包裹物的量計每立方公厘有数十万个。例如，В.И.魏尔納德斯基(1923)

認為，以水泡的形式包含在礦物內的僅水的量即有海洋內水量那么多。

儘管成礦溶液包裹物分布如此廣泛，但由於它們極小，以及大部分礦物不透明，故目前很難展開研究。最值得爭論的及困難的問題是溶液的成份和物理化學性質的測定。在進行包裹物的溫度及氣壓測定過程中遇到了巨大的困難。由於許多學者，特別是國外學者，如費利普斯（Phillips, 1875年）、扎德（Dgadd, 1875年）等對溶液包裹物性質和作用所作的錯誤結論，也使礦物內溶液包裹物的研究很久很久被擱置下來。這就說明為什麼礦物內溶液殘余包裹物在不久前才開始被少數人研究，以及有關溶液特性（特別是成份）的資料還很缺乏的原因。肉眼可見的巨大的溶液包裹物是極其少見的，是稀有的，但正是它們有着極珍貴的价值。

目前，經過國外學者（Sorby, 1858; Zirkel, 1863; Lindgren, 1914; Konigsperger, 1906; Nacken, 1917; Newhause, 1932; Jørgenson, 1947年及其他等人）多年的探索和我們蘇聯學者（Шубников, 1935; Леммлейн, 1925, 1950, 1951; Лазько, 1949; Григорьев, 1948; Грушкин, 1952, 1953; Ермаков, 1950）多年的有成效的研究，終於了解了礦物內溶液包裹物的性質。蘇聯學者們用實驗證明了母液被礦物吸收的机理（Механизм），把包裹物分成原生的和次生的，闡明了包裹物的成份及物理狀態的許多特征。現在令人信服地證明，在晶體的骸晶生長及多頂蓋生長時形成的原生自生包裹物是由生成含有這些包裹物的礦物的殘余溶液組成的，而沿裂隙形成的次生包裹物是由彌補晶體裂隙和使晶體增大的殘余溶液組成的。

這些包裹物，好像被不滲透的壁包在礦物之中，如石英、黃玉、石榴石、綠柱石、电气石、長石、紅寶石等，到現在還保留着上升成礦作用時就有的許多物理化學性質。專門做的實驗結果，以及礦物內依次諸帶內的包裹物和成因上不同的，甚至是古老的前寒武紀的礦物內的包裹物的特性，都說明這一點。

最近，根据H. П. 耶尔馬科夫（1950）所做的分类，包裹物可分为：1. 固体的，2. 气体的和3. 液体的包裹物。

1. 固体包裹物。这类包裹物或为晶質的抑或为玻璃質的（有时内含气泡及“囚犯”〔узника〕），它們是被岩漿熔体吸收形成的。

2. 气体包裹物，主要是由气相（蒸气）及少量的液相，有时还有矿物-“囚犯”所組成的。在加热时它們成为均一的气相，为气化物的残余。这里把它們分为：1. “枯”气体包裹物，几乎全是由气体組成；2. 主要为气体的包裹物，由76—90%的气体（蒸气）組成，和3. 气-液体包裹物，由50—75%的气体（蒸气）、液体以及常有的矿物-“囚犯”所組成。

3. 液体包裹物及主要是液体的包裹物，它們分为：1. 只由液体組成的单相包裹物；2. 两相包裹物，其中除液体外，还有气泡，和3. 多相包裹物，其中除液体和气体（蒸气）外，还有各种不同矿物的固相。主要是液体的包裹物在加热时成为均一的液相。这就是水溶液特别是水热溶液的残余。

研究液体包裹物的方法是逐漸发展起来，逐漸日趋完善的，——测温法（对液体包裹物）、分析法、气压法等。H. П. 耶尔馬科夫建立了一門研究包裹物的專門方法的課程（1950）。

許多現代的研究証明，考虑到地質資料，根据溶液的包裹物就可查出成矿时大致的溫度与压力，集合状态、在時間和空間上变化着的溶液的許多物理性質、化学成分及循环之順序；也可看出各个晶体以及矿物集合体、整个矿体、矿脉及一般矿床的成长和形成的历史。包裹物溶液的特性和性質的研究同矿物形成的物理化学条件的研究及矿床本身的詳細研究一起，能查明矿床成因的許多复杂問題。

作者在过去的十一年間得以研究了露头良好帕米尔地区內的大量石英脉，常常是含水晶的石英脉（这些地区的石英脉的地質、矿物及其局部分布的規律、形态、构造、石英脉的成分与围岩的变化及围岩的蚀变）作者正得以对苏联其他地区的石英脉和

国外石英矿床做了对比研究。除石英脉外，还研究了帕米尔地区、卡累列亚芬兰苏维埃社会主义共和国和穆尔曼斯克省的伟晶岩脉，也根据个别的样品研究了其他地区的伟晶岩脉。在经过研究的石英脉及伟晶岩脉的矿物内，发现了大量的成矿溶液残余的包裹物，并对它们作了研究。对帕米尔地区石英脉矿物内包裹物的溶液做特别仔细地及详细地研究。在一个石英晶体内（帕米尔地区的）侥幸地遇到非常巨大的溶液包裹物，体积为 1.5 立方公分，并对它们作了详细的分析。

石英内溶液包裹物的测温研究及分析研究同含氧化矽的溶液系统的各种试验观察资料的研究一起，以及石英脉野外研究的资料，使得在颇大程度上查明了石英的各种变种及石英脉形成的物理化学条件和热动力条件。这些研究使我们能够查明了一般的各种形态及成因的石英脉及具矿化带的石英脉，或特别称为所谓的“阿尔卑斯”型脉形成时的特殊过程。

伟晶岩脉矿物内包裹物的研究，使我们确定了伟晶岩溶液的某些特征及成因现在尚不明的伟晶岩形成的顺序。我们对形成石英的主要是水热溶液的研究以及对形成伟晶岩的主要是气态溶液的研究的总结果和其他研究家们所获得的资料一起，得出了有关造脉溶液的特点及其原生性的重要结论。

在完成这一著作的过程中以及在进行实验时，苏联科学院通讯院士 П. М. 塔塔林诺夫教授，Н. П. 耶尔马科夫教授，Д. П. 格里戈里耶夫教授，Н. К. 莫洛晋柯教授和地质矿物学副博士 Н. И. 希塔罗夫及 Д. Т. 米沙列夫曾以批评的意见及忠告给予了巨大帮助，作者为此向他们表示深切的感谢。

本书一开始简短地叙述帕米尔地区及其他一些地区的石英脉的地质情况和类型，这样少量的叙述对论证和了解研究的结果以及所作出的结论是必要的。继之，叙述溶液特性和性质以及石英脉形成的物理化学条件和形成过程研究结果的资料。

一、石英脉的地质产状与类型

经过詳細研究的帕米尔地区的万余条石英脉，主要分布在古生代岩层内。下古生代岩层的可见厚度达4—4.5公里，呈北东走向的独立构造带延伸。该带为厚层的砂岩—石英岩、各种片岩及大理岩化了的石灰岩所构成，这些岩层构成一复杂的复背斜，其中具北东走向的褶曲被許多构造断裂所复杂化，断裂中主要是与褶曲方向一致的断裂，而常常是已矿化了的、具逆掩断层性质的断裂。

下古生代岩层被一些黑云母花岗岩、淡色花岗岩、花岗片麻岩、石英二长岩、钠长正长岩和细晶片麻岩的正合侵入体和小层状贯入体所冲断，H.K.莫洛晋柯（1946）将这些岩石划为独立的成分复杂的基米里时期的花岗岩系。此外，下古生代岩层还被比基米里花岗岩系时代较老或较新的石英闪长岩、斑状花岗岩、辉长闪长岩及其他侵入火成岩所贯通。

石英脉在成因上与基米里花岗岩系有关。基米里花岗岩，特别是淡色花岗岩的小层状贯入体；其特点是硷质含量高，特别是钠高于钾，这一点，在后面我们可以看到，是石英溶液出现的重要标志。

脉是围绕着基米里花岗岩系的岩块成圈分布的，且与后者相距7—8公里。有时脉埋藏于花岗岩类的岩层中。它们局限于不同的构造裂缝内，而在破碎带内却少见（网状体）。此外，脉还产于区域性矿化了的构造断裂中，在断裂附近形成独立的矿脉和矿群。脉的集聚局部地达每平方公里200—300条。

脉的大小极不一致。脉有数十米长的；例外的还有一公里多长的脉。脉的厚度由几十厘米到2—3米以及更大一点。

脉按成分可分为以下几类：

1. 细晶岩脉和伟晶岩脉，它们首先又可分为最主要的斜长石（钠质的）脉和斜长微斜长石（钾质的）脉。

2. 細晶鈉長岩。

3. 鈉長石英脈和电气石英脈。

4. 純石英脈，有時在脈壁上含有大量的絹雲母。

5. 石英碳酸鹽脈和碳酸鹽脈。間或有重晶石英脈。

后四類脈彼此間有着密切的逐漸相互過渡的關係。其中最早期的——細晶鈉長岩——在空間上常與鈉長鈉鈣長石（鈉質的）、細晶岩和偉晶岩以及淡色花崗岩有着密切的關係。細晶岩脈和偉晶岩脈通常產于基米里花崗岩系中，或者在同它們直接相鄰的地區往往形成脈區，其分布在地域上與石英脈無關。

近乎純的石英脈分布最廣（數千條）；在后三類脈中脈石英通常是主要的礦物，因此可把它們稱為石英脈。

帕米爾區石英脈的礦物成分是十分貧乏的。必須指出，這些脈，除了含量不大的黃鐵礦和有時有赤鐵礦外，就幾乎沒有金屬礦物，但在偉晶岩晶洞——洞穴中見有碳酸鹽、石英、重晶石晶體的美麗晶簇。碳酸鹽在近大理岩化了的石灰岩岩層和石灰岩岩層內分布的脈中極為發育。

帕米爾區的石英脈（75%的脈）的圍岩主要為長石砂岩和石英岩，千枚岩狀絹雲母片岩和黑雲母片岩則少見（15%）。少量的（6%）石英脈產于花崗岩類岩層中，更少量的（4%的脈）產于大理岩化了的石灰岩中。圍岩的變種——砂岩——石英岩、片岩和大理岩——大約分布在面積相等的地區之內。基米里花崗岩類岩石分布的面積則較小。

圍岩的個別帶與區段遭到了強烈的熱液蝕變作用。在礦化斷裂附近、石英脈堆集的地區及石英脈脈壁附近它們遭到極為強烈的蝕變。在這裡它們重行結晶，被矽化、碳酸鹽化，局部地絹雲母化、鈉長石化，有時被綠泥石化、电气石化和黃鐵礦化。

如所周知，對解決所提出的問題說來，圍岩蝕變的特性具有特殊的意義。矽化作用表現得極為廣泛。圍岩的強烈矽化呈帶狀延續數公里，寬數百公尺。鈉長石化作用沿構造斷裂帶和與構造斷裂帶直接相鄰的地區內以及特別是在許多穩定的斜切和橫切脈

的脉壁上表现得尤为强烈。除断裂带外，碳酸盐化作用还在邻近碳酸盐岩层的砂岩和片岩中特别发育。絹云母化作用在强烈淋蝕带的砂岩内及有时在片岩内有着强烈的发育。在大理岩中絹云母化作用表现得极弱。

受极輕微蝕变的砂岩变种是由石英的角粒 (35—40%) 和长石 (15—30%)，其中斜长石和正长石各半 (№10—17)，以及砂泥質絹云母的胶結物 (30—40%) 組成的。在胶結物中占主要的絹云母具有与多砂白云母相近的易变的光学性質。受輕微蝕变的砂岩的砂質結構是过度到变余砂質的砂質結構。

砂岩經過强烈的砂化作用之后，常常过度到典型的石英岩，它是由不規則的和似花崗岩变晶結構类型的致密石英顆粒組成的。砂岩受鈉长石化即变为鈉长石英岩，其中鈉长石有时达30—50%。

受輕微蝕变的暗灰色砂岩、浅灰色石英岩及經過蝕变的几乎呈白色的鈉长石英岩围岩的化学分析資料列入表1内 (全苏地質研究所化驗員B.A. 尤索娃)。

从这些資料中可以看出，当砂岩过度到石英岩时，它获得了极大量的氧化矽，但是主要靠长石的分解失去了氧化鋁和硷金

表 1

	砂岩 (标本 № 5)	石英岩 (标本 № 2)	鈉 长 石 英 岩 (标本 № 8)
SiO ₂	68.11	92.20	70.36
TiO ₂	0.07	0.07	0.86
Al ₂ O ₃	20.81	4.16	17.08
Fe ₂ O ₃	0.41	0.08	0.02
FeO	0.07	0.029	0.14
CaO	0.45	0.38	0.16
MgO	0.13	0.09	0.11
Na ₂ O	8.65	1.71	10.13
K ₂ O	0.84	0.36	0.39
H ₂ O ⁺ 及 H ₂ O ⁻	0.43	0.80	0.88
共 計	99.97	100.11	100.12

屬。同時也可看到鐵及礆土元素的一些丟失。在石英岩遭到鈉長石化作用的比較狹窄的地帶，可重新看到岩石富含氧化鋁及特別是鈉。同時還可看到鈦和金紅石。總之，由於矽化作用和鈉長石化作用，岩石就具有更為單一和致密的外形。

光譜分析發現，在經受輕微蝕變的砂岩中有千分之几的Ba，和萬分及十萬分之几的Zn、Zr、Ni、Co和Cu。

黑雲母片岩是由相當大量的石英、黑雲母（局部受綠泥石化作用的）及少量的長石（主要是斜長石）組成的，在片岩變種的黑雲母片岩中石英脈最為常見。此外，其中還有絹雲母、有時有陽起石、綠帘石、角閃石、碳酸鹽，而附生礦物中有金紅石、磷灰石、有時有电气石及金屬礦物，金屬礦物常見的有赤鐵礦和黃鐵礦。片岩的結構有微鱗片變晶到花崗變晶的結構，而在受極輕微變質的變種岩石中則具有向變余泥質及變余粉砂結構的過度。

黑雲母片岩極輕微變質變種的化學成分如下： SiO_2 40—45%； Al_2O_3 15—18%； $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 3—4%； MgO 10—12%； CaO 6—8%； Na_2O 5—6%； K_2O 5—6%；Ti—1%；Ba——千分之几；Mn、Cr、V、Zr——萬分之几；Ni、Co、Cu——十萬分之几。

片岩僅在几公分或几十公分的狹窄帶內、構造斷裂附近以及在与交錯石英脈的接觸帶附近受到強烈的蝕變作用。在這些地帶有 SiO_2 量增加到60—65%的矽化作用， Na_2O 增至10—12%和 Al_2O_3 增至20%的鈉長石化作用，以及極少量的Sn、W和Be的帶來。很明顯 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 的量降低到千分之几，岩石便退色。儘管局部地看到大量的黃鐵礦化，而 K_2O 量降低至2—3%，Ba幾乎完全消失以及金屬組份也部分地丟失。Mg和Ca的量變化很大。

主要由方解石及黑雲母、透閃石、綠帘石、瀝青質的雜質及有時為石英粒組成的大理岩化石灰岩，在劇烈的熱液變質帶中重行結晶，被白云岩化（主要地是由白云石和鉄白云石組成的）和矽化，而在某些地區遭到強烈的鈉長石化及黃鐵礦化。

火成岩塊遭受到極輕微的熱液蝕變。它們僅在不大的區段內，

特别是在脉的附近及沿构造断裂处受到了钠长石化、砂化，有时变成细晶岩类的钠长石英岩，局部地遭到碳酸盐化。

在矿化洞——洞穴发育的地区，围岩的淋蚀作用极为强烈。

围岩受到强烈的蚀变作用，它本身就影响到成矿溶液的成分和形成脉的特性，实际上这一点也被观察到了。

如所指出，絕大多數的石英脉沿构造裂縫产出，且受其控制。

在坚硬的岩石——砂岩—石英岩中，构造裂縫极为发育。这里有4—6組裂縫，所以这些岩石易裂成立方形岩块。花崗岩中裂縫較少，片岩中次之，而石灰岩和大理岩內更少。在后者中見有极强烈的揉皺現象及局部的总破碎，这些現象被岩石后来的重行結晶及矿化所掩盖。

数組构造裂縫中最为发育的和分布最广的是具有张力裂隙北西走向的橫切裂隙。它們橫穿整个褶曲分布，同时在背斜褶曲的頂部及两翼密密地集聚起来。这些裂隙的方向（特别是在砂岩—石英岩中）大約与岩石的层理垂直，且有着时而平緩的、时而接近垂直的傾斜。在张力橫切裂隙中集中大量的脉（占全部脉的75%）。

层間剝离裂隙也是发育广而較好的。它們在褶曲的总拗陷地段、及在使褶曲两翼复杂化的褶曲式的頂部以及交錯构造裂隙和断裂带附近表現得最强烈。由于按应力变化的状况不同，层状裂隙具有时而岩石受强烈挤压、滑动和磨損的痕跡，以及时而使裂隙扩大和张开的跡象。大約15%的脉产于层間剝离裂隙內。

数个方向的斜切裂隙或傾斜裂隙，极少发育且分布的也极不均匀。斜切裂隙基本上为潛伏的裂隙，但常常特别是在巨大的逆掩断层式的断裂附近的潛伏的裂隙，通常沿潛伏裂縫見有剧烈的錯动的痕跡—滑动面和两壁物質的磨損。这些具有两壁錯动的裂隙組有时过度到較为巨大的张力构造破坏—逆断层和逆掩断层，羽状区域断裂。根据其一般特性看来，斜切裂隙是紧密挤压成的断裂裂隙，而沿着这些裂隙很少有脉状矿体，但有时它們却受到

强烈的矿化作用。其中常見有受鈦鉄矿化的細晶岩类的岩石。

其他方向和其他特性的裂隙，发育較差，通常局部地不含脉。

各組裂隙和脉的交錯情况及其相互关系的观察証明，它們的发育順序是由最早期的层間裂隙和脉开始，以横切裂隙、破碎带和脉而告終。例如，有时可观察到层間剝离裂隙及产于其內的脉被斜切裂隙所切穿，而后者又首先被横向裂隙、破碎带和脉所貫通。这种交錯穿插現象通常与变位同时发生。有时可观察到裂隙，特别是斜切裂隙的脉后恢复的跡象。例如，在某些情况下我們成功地看到横切脉在明显地穿过較早期的层状脉和斜切脉时，它們本身又复被“重生的”脉后层間裂隙和斜切裂隙所切割，而甚至发生一些变位和破碎。

常有层状脉連續地互相过度到斜切脉，更經常地过度到横切裂隙状脉或岩枝。然而，任何地方也沒有看到过横切脉被斜切脉而特别是被层状脉所切割。显然，脉状裂隙及石英脉的形成是不間断的、有一定順序的长期过程进行的。随着层間裂隙和横切裂隙以及特别是斜切裂隙脉后的活动恢复了。

根据 H.K. 莫洛晋柯 (1946) 所闡明的普通地質的情况，在构造成因的基米里时期很快地形成了主要的褶曲、断裂和有脉产出的裂隙。裂隙和脉的特性及交錯情况的观察肯定地指出，在具有形成褶曲应力的一定方向的褶曲作用时期发生后，裂隙和脉系就繼續不断地按照一定的順序发育着。层間剝离裂隙和层間脉在最早期的阶段就开始发育。繼之，在最大褶曲的应力和逆掩断层形成的时期过度到鱗片状断裂带和断裂的断裂裂隙极为发育。最后，根据所有的資料得知，在褶曲作用停息的时期及在张力作用和岩石“分解”作用发育的时期，特别是在垂直于褶曲的方向上横切裂隙及脉与横切裂隙扩大及有时角砾岩形成同时发育。如下面所見这样的裂隙和脉的发育順序已为石英結構多样性相互关系的观察和脉矿物的测温測定极令人信服地証实了。

脉按其产状，形状，結構和构造可分为以下六类。

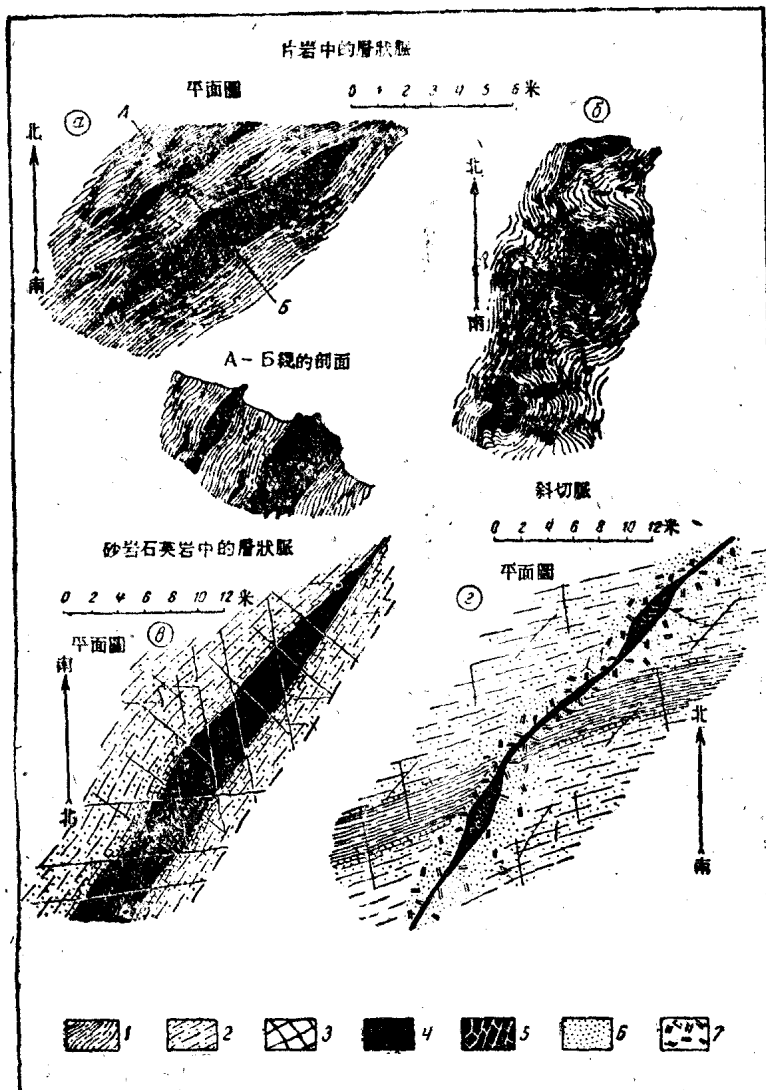


图 1. 帕米尔地区的构造形态类型的石英脉, 层状脉及斜切脉

1. 千枚岩狀片岩; 2. 砂岩-石英岩; 3. 节理裂隙; 4. 致密的細粒脉石英; 5. 中粒及粗粒脉石英; 6. 砂化区段; 7. 綳長石化区段

1. 整合的层状的近乎单矿的石英脉，主要产于各种片岩及砂岩—石英岩中（图1）。它們常常具有透鏡体状，且主要地是由細粒的和极碎小的石英及鈉长石雜質組成，石英与鈉长石雜質为全自形互生，常常是砂糖状互生，这样的石英是坚实的（单一的）或“致密的”。有时在脉壁上的石英甚至为片麻状。石英仅在脉的膨大部分常具有过度到晶腺体的較粗粒的結構。

层状脉与无接触蝕变痕跡的围岩有着明显的界限，尽管它們与脉石英非常密切相关（如毛玻璃状 *притертый*）。层状脉的特性表明，它們是在巨大的压力下及沉淀出的石英不止一次的内部矿化破碎和粒化作用条件下形成的。由于外部压力大，經過碎粒化了的脉石英在柔性片岩中呈条带状包裹体，其渾圓的外形被片岩致密所盖（參看图1,6）。

2. 斜切脉（參看图1, r），在帕米尔区較为少見，它通常是很薄很长的脉，有时在拗折处呈胃状脉。根据脉石英的成分和构造来看，斜切脉与层状脉相近，而脉的膨大部分（“胃”）通常是由較粗粒的石英，甚至是由晶腺石英組成的，晶腺石英之間有时有小的残留洞。

在斜切脉壁上常見有滑动面或受磨擦的岩石（有时有石英粉末）。脉附近的围岩受到剧烈的鈉长石化作用和矽化作用，有时变为白色細晶岩状的鈉长石英岩。

3. 在被研究的帕米尔地区內分布最广的是規則的横切脉及細脉带，占全部脉的60%（图2和图3）。它們主要产于砂岩—石英岩中，长度最大（达数百公尺）厚度最稳定，通常具有明显的直綫式的脉壁。它們的成分为鈉长石英、石英，有时为电气鈉长石英，通常还含有碳酸盐，許多矿物呈带状分布。脉与围岩的强烈矽化带、通常与鈉长石化带同时产生，有时与围岩的电气石化带、碳酸盐化带同时产生。

乳白色的脉石英有时为致密的細粒的块状，有时为柱状的，梳状的、晶腺状的，有时为“多孔的”即含有很多极小的空洞。