

江苏东海地区石英脉地质特征及找矿方向

薛林家¹, 薛怀友², 危晓平¹

(1. 江苏省第六地质大队, 江苏 东海 222300; 2. 江苏省地质矿产调查研究所, 江苏 南京 210018)

摘要: 区域变质作用、韧性剪切作用和超高压变质作用为 SiO₂ 富集创造条件, 印支期-燕山期的构造活动为石英脉富集定位创造构造环境。东海群地层、韧性剪切带、超高压变质带为石英脉的形成提供了 SiO₂ 物质来源。

关键词: 原生石英脉; 次生堆积型; 早期两期成矿; 超高压变质带; 江苏东海

中图分类号: P619.23*3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885(2010)02-172-05

江苏东海地区是我国重要的硅资源产地之一, 主要类型为石英脉型或含晶石英脉型。石英脉资源丰富, 开发历史悠久, 以其 SiO₂ 含量高、有害杂质含量低, 硅质矿产资源分布广、蕴藏量大、埋藏浅为特征。

东海地区位于华北地台南缘, 与扬子地台相接, 为大别-苏鲁超高压变质带东延部分的南侧, 长期以来经受多期次地壳构造运动的影响, 特别是印支运动和燕山运动, 致使现今区域构造线呈 NE、NNE 向展布, 构造形态表现为断裂褶皱都很发育, 对本区地层展布, 矿产分布具有控制和改造作用。

1 石英脉地质

1.1 石英脉分类

根据结晶程度、物理性质及用途分为 2 类:

(1) 水晶(含晶石英脉): 东海地区水晶矿可分为原生矿和次生矿。

①原生矿: 石英脉晶洞中直接产出的水晶。含晶石英脉一般有单晶洞脉, 少数为多晶洞脉, 晶洞常位于石英脉转弯下盘尖灭处或膨大部位的尖灭处, 或数条石英脉交叉处。水晶产出有两种方式, 一为分泌式晶洞, 规模一般较小, 宽几厘米至十几厘米, 长数十厘米, 其内晶体一般发育不全, 往往只见到晶头, 该类晶洞目前尚未发现有价值的晶体; 其二为溶解式晶洞, 规模较大, 椭圆状产于石英脉膨胀部位的尖灭处, 其内晶体发育较大, 但不完整, 在原晶体上可见有再生晶体和晶芽。由于晶体较大可选出压电水晶和工艺水晶, 具一定工业意义。

②次生矿(残坡积碎砾石型): 原生矿经风化剥蚀搬运后残留在原地, 或在第四系残坡积或冲坡积形成的泥砂堆积物的底部、基岩剥蚀面之上的碎(砾)石层中, 该层厚度变化较大, 一般为 0.2m~0.8m。碎(砾)石成分以脉石英为主(含量一般为 20

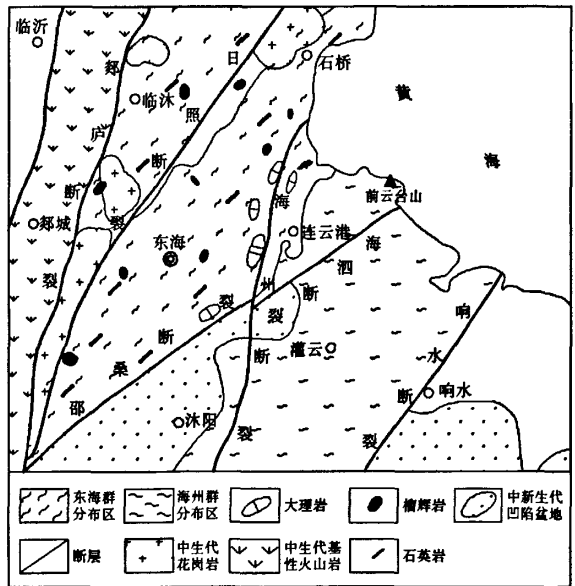


图 1 东海地区构造地质略图

Fig. 1 Sketch Map of Structure and Geology of Donghai Area

收稿日期: 2009-12-16

作者简介: 薛林家 (1958~), 男, 江苏沐阳人, 高级工程师, 从事苏北变质岩及矿产资源勘查开发。

~70%),少量石英岩、伟晶岩、片麻岩等。多呈次棱角一浑圆状。经多年开采统计,含(水)晶率约0.057%左右。

(2) 石英脉

石英脉是硅石的重要资源,主要矿物成分为半透明-不透明石英,化学成分主要为 SiO_2 ,含有少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CaO 、 P_2O_5 等杂质,与水晶的区别是 SiO_2 流体灌入到裂隙时快速凝固,透明部分占整体晶体体积的10%以下的石英。

石英脉的产出形式有两种,即单式脉和复式脉。复式脉形态较规则,一般由2条~3条脉体组成,其中单脉体宽1m~2m,长20m~30m。少数长达100m以上。呈单式脉者产出形态较复杂,向深部延深有膨大、缩小及分枝现象。

1.2 分布范围

主要分布在江苏省的赣榆、东海以及新沂市东部和沭阳县的北部地区。南从新沂市的踢球山、高流、阿湖等地,经东海县的牛山、白塔埠、朱沟、横沟、青湖,北到赣榆县的欢墩、石桥等地,呈北东向分布。

1.3 形态

石英脉主要产于超高压变质带的中心地带,分布与超高压变质带走向一致,与黑云斜长片麻岩类、榴辉岩类等密切共生。往往成群成带出现。常产于榴辉岩体与片麻岩的接触部位或附近的构造裂隙中,以NE-SW向为主。一个群带中往往有一条或多条平行、近似平行雁行式排列的石英脉,沿走向或倾向常见分枝分叉、复合、尖灭再现。有的石英脉中还包裹有片麻岩包体。

石英脉形态产状完全取决于形成时构造裂隙形状。石英脉与片麻理多为斜切、横截、沿构造裂隙、节理、片理缝隙灌入。一般呈脉状、串珠状、似层状、透镜状、鸡窝状,少数囊状、扁豆状等。一般长几米~几十米,宽数厘米~数米,少数石英脉长达百余米,宽多为1米~几米,少量十几米。一般延深几米~几十米。

1.4 颜色、结构构造

石英脉一般为白色、灰白色、乳白色,少量灰色、紫色、桃红色(芙蓉石),甚至黑色等。油脂~玻璃光泽,半透明~不透明,少量透明无杂质(水晶),质纯,属优质硅质原料。致密结构为主,还见不等粒镶嵌结构,块状构造,局部可见晶洞构造,近晶洞部位透明度高,可见似玻璃状石英团块。少量石英脉中含褐铁矿时呈蜂窝状构造、条带状构造等。

1.5 矿物成分

组成矿物主要为石英,有的含极少量铁质、白云母、还有含磁铁矿、黄铁矿、钾长石、金红石、绿帘石、绿泥石等包裹体。

1.6 化学成份

据对本区的石英脉捡块分析(表1): SiO_2 98.95%~99.79%、 Al_2O_3 0.018%~0.049%、 Fe_2O_3 0.011%~0.082%,其他各种元素含量均很低,表明该区石英脉 SiO_2 纯度很高,大多已达一级品~特级品的要求,可以作为高纯硅产业原料。

1.7 围岩及其蚀变

石英脉的围岩主要是片麻岩和榴辉岩等,蚀变较复杂。围岩为榴辉岩时,蚀变为绿帘石化、绿泥石化;围岩为片麻岩且脉体较大时,蚀变有分带现象,从里向外为蛭石化、绿帘石化、绢云母化、白云母化、高岭土化、硅化等。其中有的蛭石化蚀变岩呈棕色、棕红色等疏松泥状(俗称胭脂泥)充填于晶洞中或分布于石英脉两侧及其裂隙中。蚀变规模大者蚀变带较宽,规模小者蚀变带即窄,宽数厘米~数米,有的石英脉边部形成1cm~2cm宽的暗色边或者云母片明显变大。一般石英脉厚度小于0.5m时基本无蚀变边,与围岩界线清楚。

1.8 石英脉的构造控制

本区为华北板块和扬子板块碰撞带上,多期次的碰撞,在该区形成大量韧性剪切带。据潘明宝等研究认为,该区韧性剪切带形成可分为三期,分别对应于造山带三大地质事件,即地体拼贴超高压变质作用、扬子板块与华北板块对接和扬子板块向华北板块之下俯冲。而这些剪切带自地表至深部的变形对石英脉的

形成作用可划分为：深部韧性（超韧性）剪切变形的硅元素迁出区以及中浅层次韧脆性—脆性剪切变形的 SiO_2 聚集区。

表 1 脉石英全分析化学成分结果
Tab. 1 Chemical Analysis of Quartz Vein

位置	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	TiO_2 ($\mu\text{g/g}$)	Cr_2O_3 ($\mu\text{g/g}$)	CaO (%)	MgO (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)	P_2O_5 (%)	烧失量
石桥	99.76	0.011	0.018	6.79	0.04	0.009	0.002	0.009	0.003	0.001	0.17
苏岭	99.5	0.078	0.049	2.2	/	0.082	0.028	0.0082	0.0032	0.002	/
石东	99.79	0.082	0.033	1.6		0.01	0.002	0.0052	0.005	0.0007	
尤庄	99.57	0.004	0.028	1.5	1.0012	0.103	0.098	0.0061	0.0083	0.0014	0.17

(化学分析由江苏地质六队中心实验室承担)

2 石英脉成因探讨

有关石英脉的成因，长期以来以鲍温 (BOWEN) 反应原理为根据，提出以玄武岩浆经结晶分离作用最终产生石英的论断被广泛接受。此后，岩浆多元论兴起，含挥发份岩浆演化研究不断深入，修正并深化了鲍温论点。但并没有从根本上改变他所提出的矿物结晶序列的模式。

法国地质调查局 Bowne Mnison 对韧性剪切带中含金石英脉的研究认为，含金石英脉是在糜棱岩化过程中掺入溶液二氧化硅重新沉淀的结果。

藤本一郎指出，在热水流体作用下，硅酸盐岩石有可能析出二氧化硅。并称这种作用为溶脱作用。

丁悌平等根据硅同位素组成，对广西大厂石英脉型锡多金属矿床的研究得出：含金石英脉中硅来源于围岩的结论。

孙忠实等根据对吉林夹皮沟含金石英脉的 δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$ 和铅的同位素研究同样得出石英脉中硅来源于围岩的结论。并指出，当燕山期构造岩浆事件发生时，幔源流体沿深大断裂运移至地壳，溶解太古宙和燕山期花岗岩中的硅，为含金石英脉硅质的来源。

上述关于地壳中石英脉体的成因为非残余岩浆的最终产物的观点早已提出。但是，迄今为止，关于残余岩浆演化形成的观点仍在流行。近年，我们对苏鲁造山带变质区进行地质找矿工作，对石英脉及其特征进行认真观察，综合分析认为，苏鲁造山带上大规模石英脉的形成，主要是由大规模区域变质作用和韧性剪切作用形成，且标志扬子板块向华北板块碰撞、俯冲、折返的结束。其依据为：

首先，石英脉的空间产出位置严格受超高压变质带上叠加的脆性断裂控制。而脆性断裂可见两期：早期（即印支晚期）走向 $40^\circ \sim 60^\circ$ 、倾向 SE 为主，倾角 $60^\circ \sim 85^\circ$ ，有的近直立；另一期（即燕山晚期）走向近 EW，倾向有的向北，有的向南，倾角一般为 $50^\circ \sim 60^\circ$ ，有的达 80° 以上。早期形成的石英脉被后期构造错断，而后期（燕山晚期）石英脉形成后未发现其他构造叠加其上或对其进行破坏、改造。就说明第二期石英脉形成以后，两大板块碰撞也就停止，该区处于风化剥蚀状态，而目前的地面就是当时的 SiO_2 流体侵位、温度压力降低，石英脉形成的位置。

(1) 成矿物质来源

硅是地壳中丰度仅次于氧的元素，或以 SiO_2 、或以铝硅酸盐的形式产出。硅的巨大含量决定了它在地质演化中的地位和作用。因此，只要有合适的条件和富集的场所，都可能形成石英脉。

因硅酸盐组成的岩石在热液流体的作用下，硅酸盐矿物中的阳离子部分或全部被解离，形成了新的矿物，从而硅氧络离子被析出。 SiO_2 的析出是这一过程产物之一。

热液对围岩的改造，是通过变质流体交代的碳酸盐化、磁铁矿化、氢交代、碱交代等进行的。所有过程都能析出 SiO_2 。

一般认为， SiO_2 的物质来源有四个方面：

①来自基底变质岩系：区域变质作用、尤其是中深变质作用过程中会释放出大量流体。这些流体溶解

大量 K、Na、Ca 和 Si 等造岩组分, 形成 SiO_2 流体, 造成岩石的化学成分变化。

②来自韧性剪切带: 区域变质岩中形成的变质流体, 需要寻找赋存空间。韧性剪切带的形成, 一方面由于剪切作用自身形成部分 SiO_2 流体, 同时也为区域变质作用时形成的 SiO_2 流体提供上升通道和赋存空间。由于这些区域变质流体的加入, 对韧性剪切带内糜棱岩中的 SiO_2 的析出起催化剂作用, 提高了析出速率。

③来自高压、超高压变质作用: 高压、超高压变质作用, 使带内岩石片理化、面理化, 产生大量 SiO_2 流体, 在高温高压等条件下逐渐富集到构造带, 再沿构造带上升到浅层形成石英脉。

④来自榴辉岩: 据徐莉等在中国大陆科学钻探 (CCSD) 对石英脉进行研究认为, 在板块俯冲折返过程中, 会产生大量不均一变质流体, 在此过程中榴辉岩也会释放出大量 SiO_2 。

(2) 石英脉的形成温度

本次研究的石英脉形成温度, 借鉴邻区关于金矿研究中有关含金石英脉的形成温度的资料。

邵世才等对华北地台南缘金矿床的成因及成矿模式研究, 石英脉型金矿的成矿温度为 $135^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$, 压力为 $(108 \sim 163) \text{Mpa}$;

黄德志 (1999) 的研究表明, 张八岭金矿床中石英脉型金矿的成矿温度, 三个阶段分别为 $115^\circ\text{C} \sim 165^\circ\text{C}$ 、 $205^\circ\text{C} \sim 225^\circ\text{C}$ 、 $255^\circ\text{C} \sim 335^\circ\text{C}$ 和平均成矿压力 $(290 \times 10^5 \text{Pa})$;

人造水晶采用“水热温差法”在高压釜中培育, 石英晶体在高温高压下, 加入适量的助溶剂即可溶解。当稀碱溶液加热到 300°C 左右时, 由于热膨胀高压釜内充满稀碱溶液, 随着温度继续上升到 $330^\circ\text{C} \sim 360^\circ\text{C}$, 釜内气压急聚增大到 $1\ 500 \sim 2\ 000$ 巴。即可生长水晶, 其生长速度每日可达 $0.5\text{mm} \sim 4.2\text{mm}$ 。此温压条件相当于变质作用过程中的钠长石-绿帘石角岩相。

3 成矿远景及找矿方向

3.1 成矿远景

东海地区石英脉形成受韧性剪切带控制, 物质来源为区域变质作用和岩石的韧性剪切变形变质作用以及超高压变质作用, 其主要特征是:

(1) 石英脉的分布范围与超高压变质带走向一致。据潘明宝等研究, 本区韧性剪切变形有三期: 早期韧性剪切带剪切变形形迹保留在榴辉岩中, 是现存构造形迹中形成最早的局部构造; 中构造层次韧性变形主要是指片麻岩中片麻理和片理的形成; 浅构造层次韧性变形形成的韧性剪切带最易识别, 规模较大, 带内有糜棱片麻岩、糜棱片岩和糜棱岩化片麻岩。因此, 榴辉岩带、片麻岩带和糜棱片麻岩带是 SiO_2 流体富集的有利场所。

(2) 区内北东向, 近东西向的断裂是石英脉赋存空间。

(3) 中深变质的东海群地层经历多期次的变形变质作用和构造活动, 形成大量 SiO_2 流体和各种空间、空隙, 为 SiO_2 运移、富集、石英脉的形成提供了空间。

3.2 找矿方向

(1) 东海群地层分布范围, 寻找北东向和近东西向断裂构造, 以及构造交叉、复合部位, 东海群地层的褶皱转折端等。

(2) 榴辉岩体的产出地带以及榴辉岩体构造裂隙带, 与片麻岩的接触部位。

(3) 石英脉的主要分布范围在新沂市的踢球山经阿湖镇、东海县的牛山镇、赣榆县的大岭、欢墩镇、石桥镇, 长约 130km , 宽 $20\text{km} \sim 40\text{km}$ 。而在东海县范围的分布长约 60km 、宽约 40km , 面积约 $1\ 500$ 多 km^2 。

参 考 文 献

- [1] 汤倩, 孙晓明, 徐莉等. 中国大陆科学钻探 (CCSD) UHP 岩石石英脉中磷灰石团块独居石出溶物的 U-Th-Pb 化学定年 [J]. 岩石学报, 2006, 7.
- [2] 王登红, 徐钰, 陈毓川等. 苏北榴辉岩中水晶的形成时代及其对超高压变质带折返的示踪意义 [J]. 地质学报,

2003, 544 ~ 548.

- [3] 徐莉, 孙晓明, 翟伟, 梁业恒, 汤倩, 梁金龙, 沈昆. 中国大陆科学钻探 (CCSD) HP - UHP 变质岩中流体包裹体 $\delta D - \delta^{18}O$ 同位素组成及其意义 [J]. 岩石学报. 2006, (07).
- [4] 邵世才. 华北地台南缘金矿床的成因和成矿模式 [J]. 华北地质矿产杂志, 1997 (4), 358 ~ 363.
- [5] 潘明宝, 张庆龙, 陈火根, 王浩, 郭令智. 苏鲁造山带南缘岩石 - 地层格架 [J]. 地质通报 2002 (12).
- [6] 江苏省地质矿产局第六地质大队, 江苏省地质矿产局中心实验室. 江苏省东海县桃林岩体特征与成矿关系研究报告 [R]. 1985.
- [7] 陈柏林. 与韧性剪切带有关的不同金矿化类型地质地球化学特征对比研究 [J]. 地质地球化学 2000 (3).
- [8] 胡文宣, 孙睿, 张文兰, 孙国曦. 金矿成矿流体特点及深 - 浅部流体相互作用成矿机制 [J]. 地学前缘 2001 (4).
- [9] 翟明国, 范洪瑞, 杨进辉, 苗来成. 非造山带型金矿——胶东型金矿的陆内成矿作用 [J]. 地学前缘 2004 (1).
- [10] 刘继顺. 韧性剪切带中金成矿研究的若干问题 地质论评 [J]. 1996 (2), 123 ~ 128.

THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS & ORE PROSPECTING OF QUARTZ VEIN IN DONGHAI AREA OF JIANGSU

XUE Lin-jia¹, XUE Huai-you², WEI Xiao-ping¹

(1. Jiangsu Geological Team 6, Donghai 222300; 2. Jiangsu Institute of Geology & Mineral Resources, Nanjing 210018)

Abstract: The regional metamorphism, ductile shear and ultra - high P metamorphism provide the conditions for SiO_2 enrichment. The Indosinian - Yanshanian structural movement provides the structural environment for the enrichment and location of quartz vein. And the Donghai Group strata, ductile shear and ultra - high P metamorphic zone provide the material source for the formation of quartz vein.

Key Words: Original Quartz Vein; Secondary Accumulation; Early 2 - period Metallogenesis; Ultra - High P Metamorphic Zone; Donghai, Jiangsu