

# 吉林省大灰沟硅灰石岩的地质特征及成因讨论

梁日暄

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

**主题词** 吉林省大灰沟 硅灰石岩 大理岩 成因讨论

**提要** 吉林省大灰沟硅灰石岩赋存于泥质条带大理岩夹硅质条带大理岩层内, 其直接围岩为大理岩。硅灰石岩呈似层状、透镜状及不规则状, 组成矿物有硅灰石(95%以上), 少量透辉石、石榴石和方解石等。通过对硅灰石岩形成的地质条件、岩石学、矿物学、地球化学的研究和前人实验研究表明, 本区硅灰石岩为区域变质热液作用形成的交代岩, 其中的硅灰石属三斜硅灰石。

华北地台北侧(槽区)的辽宁、吉林省境内发育多处硅灰石岩矿床和矿点, 均呈透镜状、似层状产于各种硅质大理岩层内。大灰沟硅灰石岩就是其中之一, 它是经区域变质热液作用形成的。

## 1 区域地质概况

本区地层除第四纪砂砾、砂质粘土和白垩纪砾岩、泥质粉砂岩外, 全为寒武—奥陶纪( $\epsilon O$ )的黄莺屯组<sup>[1]</sup>(原定为青龙村群)。从所测地质剖面可知, 本组岩石以云母、石英片岩和各种大理岩为主(图1)。大理岩中Ca/Mg比值在106.43—127.07之间, 属钙质大理岩。

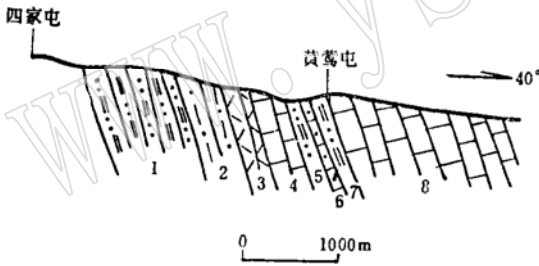


图1 黄莺屯组区域地质剖面图

Fig. 1 Regional geological section of Huangyingtun formation

1、5、7—绢石英片岩; 2—含电气石金云母石英片岩; 3—斜长角闪片岩; 4、8—白色含燧石结核大理岩; 6—硅质条带燧石结核大理岩

区内黄莺屯组又分为上、中、下三个岩性段, 硅灰石岩发育区内仅见中部岩性段和少量下部岩性段。

中部岩性段由下而上分为四层:

4. 糖粒状大理岩( $\epsilon O_2$ ),
3. 泥质条带大理岩夹硅质条带大理岩( $\epsilon O_3$ ),
2. 硅质条带大理岩( $\epsilon O_4$ ),
1. 白色糖粒状大理岩( $\epsilon O_5$ )(图2)。

上述四层总厚720 m。第3层, 即泥质条带大理岩夹硅质条带大理岩为硅灰石岩的直接

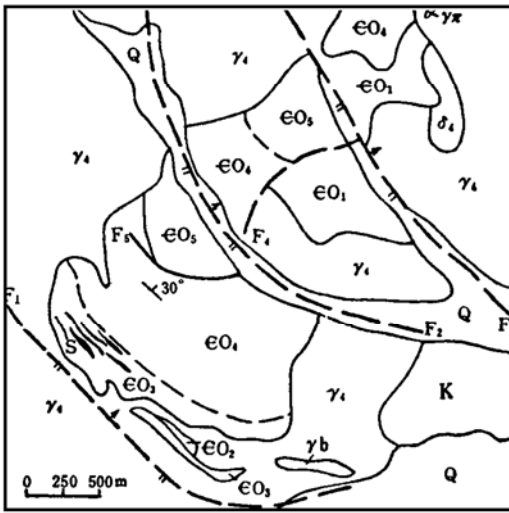


图 2 大灰沟硅灰石岩地质略图  
Fig. 2 Diagrammatic geological map of Dahuigou wollastonite

γ<sub>4</sub>—黑云斜长花岗岩; δ<sub>4</sub>—闪长岩; Q—第四系; F<sub>1</sub>—逆断层; εO<sub>1</sub>—黑云斜长片麻岩与硅质条带大理岩互层; εO<sub>2</sub>—糖粒状大理岩; εO<sub>3</sub>—泥质条带大理岩与硅质条带大理岩互层; εO<sub>4</sub>—硅质条带大理岩; εO<sub>5</sub>—白色糖粒状大理岩; s—似层状硅灰石岩; γπ—花岗斑岩; γb—花岗细晶岩; k—白垩系

围岩, 呈灰白色, 块状和条带状构造, 变晶结构, 矿物成分以方解石为主并含有15%—20%的泥质及硅质物和少量硅质结核。硅灰石岩以似层状及透镜状产于该层中并和围岩呈渐变过渡关系。在硅质结核及条带周围常见有硅灰石岩薄层<sup>[2]</sup>。

区内岩浆岩分布较广, 主要为海西期黑云斜长花岗岩, 另有少量闪长岩、花岗斑岩等。它们和硅灰石岩在空间上无直接关系。

本区构造简单。东北部为倒转背斜, 西南部地层均倾向北东, 倾角30°—50°。断裂构造以北西向逆断层为主。硅灰石岩赋存于西南部大理岩层中。

## 2 硅灰石岩特征

本区硅灰石岩是一种单矿物岩, 它产于泥质条带大理岩夹灰硅质条带大理岩层内, 距黑云斜长花岗岩与大理岩接触带远近不一, 近者数米, 远者数百米。接触带内尚未发现有硅灰石岩分布, 只有混染状花岗岩存在。硅灰石岩以似层状和透镜状为主。在透镜体中心发现有硅质结核交代残余。硅灰石岩产状与围岩产状一致, 倾向北东, 倾角30°—50°, 规模大小不一, 长数米到数百米, 最长达520m, 宽0.9—3.5m, 局部厚大。

本区硅灰石岩据硅灰石形态可分三种类型。纤维放射状: 由纤维状硅灰石(>95%)、少量透辉石、石榴石和方解石组成, 手标本可见纤维长2—10mm, 最长可达16mm, 纤维两端参差不齐, 在放射状纤维之间分布有细粒方解石、粒硅镁石(照片1); 细粒致密块状: 由细粒状硅灰石(>95%)和少量细粒方解石、透辉石和石榴石组成, 硅灰石粒度在0.1—0.2mm之间(照片2); 混合状: 这种硅灰石岩是由细粒状和短纤维状硅灰石(>95%)和少量的透辉石、石榴石和方解石组成, 两种硅灰石含量一般各占一半左右(照片3)。

组成硅灰石岩的硅灰石是天然产出的偏硅酸盐, 分子式为CaSiO<sub>3</sub>。硅灰石具有三种同质多象变体: 低温三斜硅灰石(α—CaSiO<sub>3</sub>)、单斜副硅灰石(α'—CaSiO<sub>3</sub>)和高温三斜假硅灰石(β—CaSiO<sub>3</sub>)。在自然界中只有低温三斜硅灰石分布最广并可形成工业矿床。大灰沟的硅

灰石属于这一种，而后两种矿物都很少见<sup>①</sup>。

硅灰石岩中硅灰石的折光率  $N_g=1.634$ ,  $N_m=1.630$ ,  $N_p=1.615$ , 莫氏硬度4—5。矿物呈纤维状和细粒状，白色，玻璃光泽，纤维状{001}解理发育。属三斜晶系，空间群  $C_1-P_1$ ,  $Z=6$ ,  $a_0=7.85 \text{ \AA}$ ,  $b_0=7.31 \text{ \AA}$ ,  $c_0=7.02 \text{ \AA}$ ,  $\alpha=90^\circ \pm$ ,  $\beta=95^\circ \pm$ ,  $\gamma=103^\circ \pm$ 。X—光分析数据见表1。

表1 硅灰石X—光分析数据  
Table 1 X-ray analyses of wollastonite

No	d	I	hkl	No	d	I	hkl	No	d	I	hkl
1	7.6	1	200	12	2.03	2	51 $\bar{2}$ 602	22	1.427	1	243 913
2	3.85	3	400	13	1.888	2	31 $\bar{3}$	23	1.358	5	205
3	3.52	4	002	14	1.850	1	801	24	1.340	2	
4	3.31	5	205	15	1.825	3	60 $\bar{3}$ 020	25	1.265	2	
5	2.98	10	310 507	16	1.754	5	121 004	26	1.212	4	
6	2.72	3	311	17	1.719	6	320	27	1.175	4	
7	2.55	4	600	18	1.608	4	122 22 $\bar{2}$	28	1.106	4	
8	2.48	3	112	19	1.534	3	71 $\bar{3}$	29	1.044	3	
9	2.35	3	212	20	1.476	4	62 $\bar{1}$ 314	30	1.036	3	
10	2.31	5	51 $\bar{1}$ 20 $\bar{3}$	21	1.455	4	51 $\bar{4}$ 110	31	0.989	3	
11	2.18	4	203								

前述三种类型硅灰石岩都作了化学全分析(表2)，从表2中可以看出其分析结果基本一致。 $Fe_2O_3$ 、 $MnO$ 和 $TiO_2$ 的含量都很低， $SiO_2$ 和 $CaO$ 含量很高，接近于硅灰石的理论分子式中的含量。但在硅灰石的结构中常可容纳一定量的Fe、Mn和Mg、Al等元素，它们取代了部分Ca，少量Al取代了Si，所以硅灰石化学分析值中 $SiO_2$ 和 $CaO$ 都略低于理论值( $SiO_2$ 为51.72%， $CaO$ 为48.28%)。本区硅灰石岩镜下鉴定及物相分析结果表明硅灰石含量达8.5%，接近单矿物岩，其化学成分接近于硅灰石分子式的理论值。

表2 不同类型硅灰石岩化学分析(%)  
Table 2 Chemical analyses of different types of wollastonite

类型	样数	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$FeO$	$Fe_2O_3$	$MgO$	$MnO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$	$H_2O^+$	烧失量
I	4	49.42	0.32	0.015	0.41	0.03	0.36	0.02	47.70	0	0.04	0.5	1.90
II	4	50.75	0.41	0.02	0.36	0.04	0.26	0.02	46.62	0.01	0.04		0.65
III	2	50.16	0.72	0.04		0.03	0.60	0.02	46.53				1.63

I 纤维状硅灰石岩；II 细粒块状硅灰石岩；III 混合状硅灰石岩

本区硅灰石岩样品差热分析曲线较标准，在742℃—817℃间有个低谷，这是少量方解石

① 地质矿产部地质研究所、吉林省龙井市硅灰石加工总厂，吉林省龙井市硅灰石加工总厂产品技术鉴定书，1988。

等引起的, 在 $1265^{\circ}\text{C} \pm$ 有一吸热谷, 这是低温硅灰石开始大量破坏, 迅速相变为高温硅灰石的转折点(图3)。

据上述各项测试结果, 本区硅灰石属低温三斜硅灰石( $\alpha\text{-CaSiO}_3$ )。

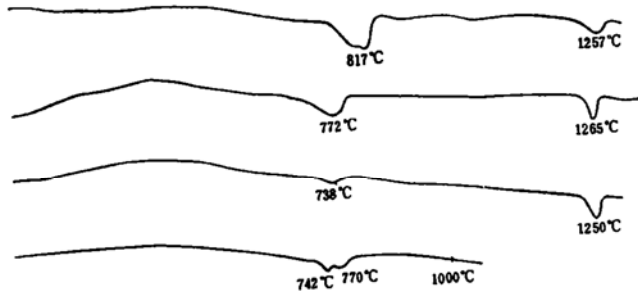


图3 大灰沟硅灰石差热分析曲线

Fig. 3 Differential thermal curve of Dahuiou wollastonite

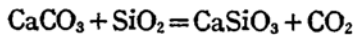
### 3 硅灰石岩成因讨论

硅灰石可在不同条件下形成; 在各种火成岩侵入体(酸性、碱性和中基性)接触带附近都可有硅灰石生成。在区域变质作用中, 岩浆结晶作用和火山喷发作用中也常有硅灰石生成。

大灰沟硅灰石岩呈似层状、透镜状及不规则状产于泥质条带夹硅质条带大理岩层内, 其产状和地层一致, 直接围岩就是大理岩, 其附近有黑云斜长花岗岩, 但和硅灰石岩在空间和成因上没有直接关系。在花岗岩和大理岩接触带中没有发育硅灰石岩, 只见有混染花岗岩和在局部地段见有少量由交代形成的透辉石、石榴石、方解石和石英组成的交代岩。硅灰石岩离接触带较远。在硅灰石岩中见有硅质结核交代残余。泥质条带大理岩夹硅质条带大理岩中含有硅质、少量的Fe、Al等, 使其具备了形成硅灰石岩的物质条件。在沉积岩中都会含有一定量的水、 $\text{CO}_2$ 等挥发组分, 它们在成岩过程中作为流体相可促进化学反应的进行。

梁祥济等(1989)<sup>[6]</sup>通过实验证明, 具备构成造岩的物质组分, 在适宜的温度、压力和介质等条件下, 经区域变质热液作用可形成交代岩, 摆脱了传统的“矽卡岩”概念, 提出沉积岩经历变质交代可以促进成矿成岩元素富集的观点。这种成岩作用过程里的成岩组分存在于沉积岩中。通过对大灰沟硅灰石岩及其附近黑云斜长花岗岩、泥质条带大理岩及接触带中的混染花岗岩的化学分析并用巴尔特法计算结果说明了这一点(表3)。花岗岩带出的Si原子数不多, 只有83—155, 而形成硅灰石岩所需的Si原子数为477—521, 相差甚远, 所以成岩物质Si可能大部来自大理岩中的硅质条带、泥质条带和硅质结核, Ca来自大理岩本身。

硅灰石岩的地质产状和实验研究表明, 硅灰石的形成主要是 $\text{CaCO}_3$ 和 $\text{SiO}_2$ 在一定温度、压力下反应的结果<sup>[5,6]</sup>。其反应式如下:



哈克和塔特尔(1956)通过实验确定了上式反应的单变 $P_{\text{CO}_2}-T$ 曲线的地质意义<sup>[6]</sup>(图4), 从图4中可以看出, 干体系中和常压条件下, 温度在 $350^{\circ}\text{C} \pm$ 生成硅灰石的反应就可以进行。当随着埋深或生成 $\text{CO}_2$ 压力增加时, 温度也随之增加, 如果在深处反应生成的 $\text{CO}_2$ 从

表 3 巴尔特法计算结果  
Table 3 Calculations with Barth method

岩 性	单 位 晶 胞 中 元 素 原 子 数										
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
黑云斜长花岗岩	719	3	196	9	20	1	16	29	97	55	1
混染花岗岩	636	3	241	11	19	1	17	143	100	5	1
块状硅灰石岩	477	1	30	3	5	1	8	576	5	2	2
糖粒状大理岩	47	2	12	2	5	2	23	1455	9	3	2
混染花岗岩	564	5	178	17	20	1	22	61	74	33	2
泥质条带大理岩	129	1	17	1	4	0	10	1333	4	3	1
放射状硅灰石岩	521	1	7	2	4	1	5	534	2	1	1

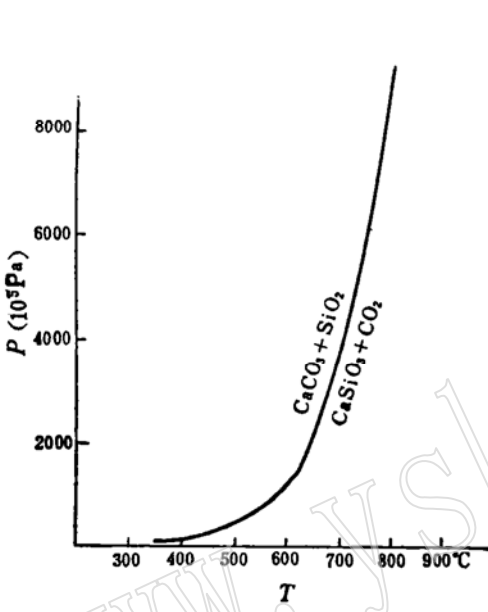


图 4 硅灰石生成反应的单变平衡曲线  
Fig. 4 Univariant equilibrium curve for the formation reaction of wollastonite

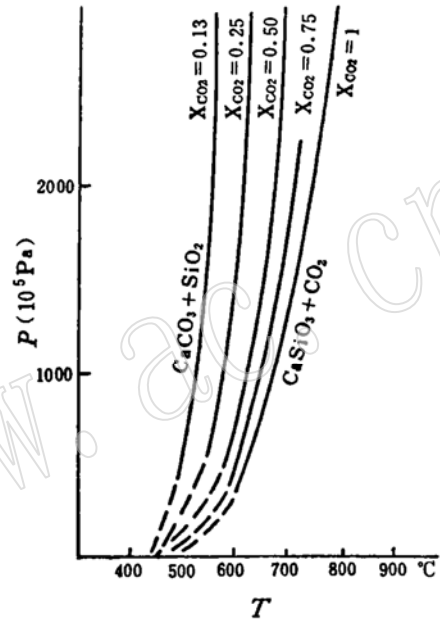


图 5 含水体系生成硅灰石的双变平衡曲线  
Fig. 5 Bivariant equilibrium curve for the formation of wollastonite in the hydrous system

裂隙中很快逸出，或 CO<sub>2</sub> 与其他物质反应被消耗，使 CO<sub>2</sub> 有效压力减小，这时形成硅灰石的温度也会明显降低。

在自然界中，上述反应不可能是在干体系中进行。各种不纯大理岩或灰岩地层中都含有一定量的水分和 CO<sub>2</sub>、Cl、F 等挥发组分，因此，在挥发分存在的情况下，生成硅灰石的反应就变成双变的平衡反应，这时平衡组分有 SiO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CaO 和 H<sub>2</sub>O 等。Greenwood (1967) 作了 (1—2) × 10<sup>8</sup> Pa 压力下含水体系的实验，其结果如表 4、图 5 所示，这时平衡温度 (T) 将随着总压力 (P<sub>总</sub>) 及 CO<sub>2</sub> 在液相中的份数 (X<sub>CO<sub>2</sub></sub>) 两个变量而变。从图 5 中可知，形成硅灰石的温度与总压力及液相组分中 X<sub>CO<sub>2</sub></sub> 的份数成正比。Greenwood 认为在这种情况下生成的硅灰石，在 (1—2) × 10<sup>8</sup> Pa 压力下，在水和 CO<sub>2</sub> 的超临界混合物中是稳定的。

表 4 含水体系硅灰石生成反应的等压平衡数据

Table 4 Isobaric equilibrium data on the formation reaction of wollastonite in the hydrous system

X <sub>CO<sub>2</sub></sub> 份数	平 衡 温 度 (°C)	
	P <sub>液</sub> = 1000 × 10 <sup>5</sup> Pa	P <sub>液</sub> = 2000 × 10 <sup>5</sup> Pa
0.25	580	610
0.50	630	670
0.75	660	715
1.00	670	730

通过上述讨论, 我们认为硅灰石岩的成因主要是 Si 和 Ca 的来源问题, 生成大灰沟硅灰石岩的 Si 和 Ca 都存在于大理岩中, 在区域变质过程中, 有适宜的温度和压力, 再加上一定量的挥发组分, 就形成了本区硅灰石岩, 故可断言, 本区硅灰石岩是经区域变质热液作用形成的交代岩。

## 参 考 文 献

- 1 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志. 地质出版社, 1989. 411—421.
- 2 肖海钟. 吉林省延吉县细鳞河硅灰石矿床成因特征. 吉林地质, 1983, (3): 67—71.
- 3 陈宗训等. 试论硅灰石的成因. 淮南矿业学院学报, 1983, (1): 26—34.
- 4 梁祥济等. 沉积变质中交代岩和有关铁矿形成机理的实验研究. 中国地质科学院院报, 1988, 第18号: 159—186.
- 5 戴长禄等. 硅灰石. 中国建筑工业出版社, 1986. 36—40.
- 6 Deer W A 等. 造岩矿物. 谢宇平等译. 地质出版社, 1983. 二卷A: 411—422.

## Geological Characteristics and Genesis of Dahuigou Wollastonitite, Jilin Province

Liang Rixuan

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

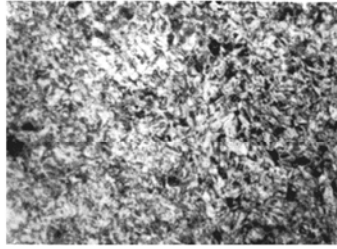
**Key words:** Dahuigou of Jilin Province; wollastonitite; marble; genetic discussion

## Abstract

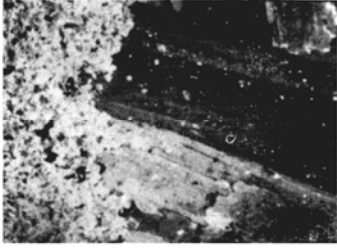
Dahuigou wollastonitite of Jilin province occurs in strata of argillaceous banded marble intercalated with siliceous banded marble, with the direct host being marble. Stratoid in form, it consists mainly of wollastonite (over 95%), together with small amounts of diopside, garnet and calcite. Geological, petrological, mineralogical and geochemical studies of wollastonitite combined with experimental researches conducted by previous workers indicate that wollastonitite of this area is a kind of metasomatite formed by regional metamorphic hydrothermal process, and the wollastonite within it belongs in low-temperature triclinowollastonite ( $\alpha$ -CaSiO<sub>3</sub>).



1



2



3

1 纤维放射状结构硅灰石岩  
视域长度 3.9 mm

2 致密状细粒结构硅灰石岩  
视域长度 2.46 mm

3 细粒及短纤维结构硅灰石岩  
视域长度 3.9 mm