第44卷 第4期　　地 质 学 报　　Vol. 44, No. 4
1964 年 11 月　　ACTA GEOLOGICA SINICA　　November, 1964

一个地区的矽卡岩——磁鉄矿化作用

夏 治 平

本文所述矿化区域位于山西台隆东側。与成矿作用有关的母岩为白垩紀晚期（?）之閃长岩—正长閃长岩—正长岩系列的岩浆岩，与其有关的围岩为中奥陶世馬家沟組較純石灰岩。鉄矿床均为一些中—小型磁鉄矿体。矿石組分单一，均属磁鉄矿石，为我国重要富鉄矿产地之一。

一、矽卡岩的矿物成分与化学成分

根据主要矽卡岩矿物組合，本区矽卡岩主要有下列几种組合形式：

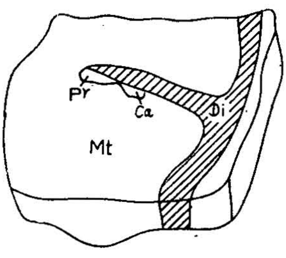
1. 透輝石矽卡岩；
2. 透輝石、柘榴石矽卡岩；
3. 柘榴石矽卡岩；
4. 透輝石、方柱石矽卡岩；
5. 透輝石金云母矽卡岩；
6. 阳起石、透閃石矽卡岩；
7. 角閃石矽卡岩。

总的說来，本区矽卡岩具有如下一些特点：

1. 均属鈣鎂質矽卡岩，其中主要为透輝石矽卡岩；

2. 一般含水少的硅酸盐矿物，如綠帘石、閃石类等，石英硫化物更少見，但是碳酸盐化作用却非常普遍而強烈；

3. 矽卡岩带矿物生成具多期性，如透輝石、柘榴石互有交代、包裹現象，幷在磁鉄矿期后还有呈脉状产出者（图 1）。粗大的透輝石晶体垂直脉壁生长，具櫛状构造，其他如角閃石、阳起石-透閃石、磁鉄矿等矿物亦有类似情況；



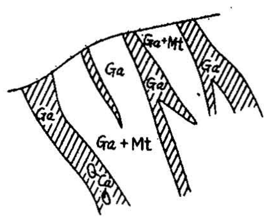


图 1

示后期透輝石呈脉状切穿磁鉄矿幷与黄鉄矿、方解石、石英共生
Mt 磁鉄矿　Di 透輝石脉
Pr 黄鉄矿　Ca 方解石
（矿石素描图）

示后期脉状柘榴石(Ga)穿插柘榴石磁鉄矿(Ga-Mt)
（矿石切面图）

4. 根据野外及鏡下資料，可将本区矽卡岩带矿物的生成顺序作如下排列(图 2)：

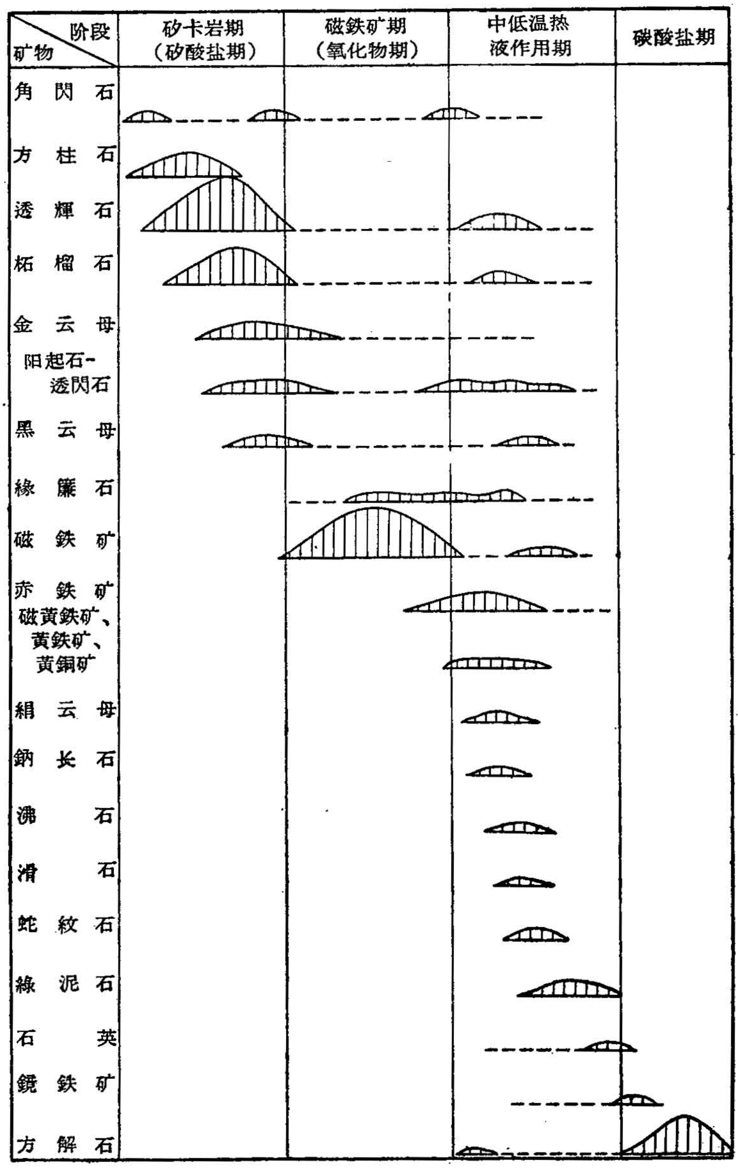


图 2 矽卡岩所含矿物生成順序

表 1 矽卡岩化学成分(平均值)表

岩石名称	样品数	組分(%)									
		SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	P_2O_5	K_2O	Na_2O
方柱石矽卡岩类	5	47.85	15.48	11.01	6.81	6.20	2.68	0.519	0.341	1.84	6.89
透輝石矽卡岩类	5	36.08	12.99	18.22	7.69	13.66	6.43	0.529	0.338	0.67	1.67
柘榴石矽卡岩类	5	34.41	9.67	33.31	1.45	16.53	1.04	0.241	0.171	0.08	0.31
角閃石化閃长岩类	5	57.42	17.76	5.69	1.93	5.83	1.54	0.52	0.426	3.22	5.54

根据矽卡岩的化学分析資料（参閱图 3，表 1)，不同的矽卡岩組分，可按元素在蝕变作用中的活动性质分为如下几类：

（1）无論在內接触带或在外接触带含量均有增加的組分有：MgO、Fe_2O_3 + FeO；

（2）在內接触带增加，在外接触带减少的組分有 CaO；

（3）在內接触带减少，而外接触带增加的組分有：SiO、Al_2O_3。

但 SiO_2、Al_2O_3 在內接触带减少的有限、而在外接触带大大增加。

二、矽卡岩的产状及其与岩脉的关系

矽卡岩大多产于岩浆岩与石灰岩的接触带（仅有极少数产于火成岩中，但規模很小)，一般与围岩呈整合产出，沿走向延长 300—500 米，厚度一般为 20 米左右；少数可达 50 米以上(系磁鉄矿之交代殘余厚度)，多分布于鉄矿与火成岩接触的一側。根据某地区資料，按不同的矽卡岩矿物組合，可分出下列几种不同类型的“带状构造”：

第一类：以透輝石-金云母-阳起石、透閃石組合为特征，其中又分为两种情况：一为矿化作用比較完全者；一为矿化不完全者。

矿化作用比較完全的带状构造：

（1）綠帘石、黑云母、角閃石、透輝石化閃长岩；

（2）方解石、磁鉄矿、金云母、透輝石矽卡岩，厚 20 米左右；

（3）含金云母、透輝石、磁鉄矿矽卡岩(团块状磁鉄矿)，厚 3 米左右；

（4）磁鉄矿金云母矽卡岩，厚数十厘米；

（5）致密块状赤鉄-磁鉄矿，厚 50 米左右；

（6）大理岩。

其中(3)、(4)带可能是成矿前的断裂带

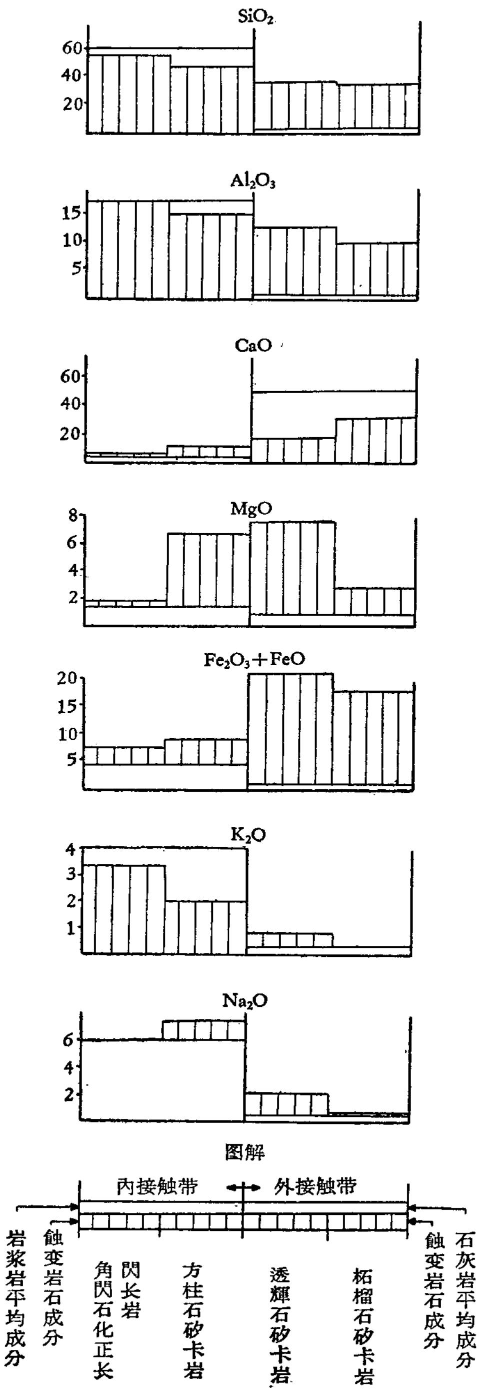


图 3 蝕变岩石与原岩石化学成分关系

矿化作用不完全的带状构造：

（1）含黄鉄矿、鈉黝帘石化閃长岩；

（2）含黃鉄矿、透閃石、透輝石粗粒磁鉄矿（其中有石灰岩交代殘余），厚 10 米左右；
（3）含磁鉄矿、透閃石、透輝石矽卡岩（其中有石灰岩交代殘余），厚 10 米左右；
（4）磁鉄矿、柘榴石、透輝石矽卡岩，厚 5 米左右；
（5）磁鉄矿、阳起石、透輝石矽卡岩，厚 8 米左右；
（6）大理岩。

第二类：以柘榴石-透輝石組合为特征：
（1）角閃石化或透輝石化閃长岩；
（2）柘榴石、透輝石矽卡岩互层；
（3）条带状或浸染状含柘榴石、透輝石、阳起石、透閃石磁鉄矿；
（4）致密块状赤鉄-磁鉄矿；
（5）大理岩。

在某鉄矿中有如下带状构造：
（1）蝕变閃长岩；
（2）含透輝石，綠泥石矽卡岩；
（3）磁鉄矿；
（4）含鉄柘榴石矽卡岩；
（5）大理岩。

第三类：以方柱石、透輝石組合为特征：
（1）鈉黝帘石化閃长岩；
（2）方柱石-鈉黝帘石化閃长岩；
（3）透輝石-方柱石化閃长岩；
（4）黑云母、方柱石、透輝石矽卡岩[其中有(3)的交代殘余]；
（5）黑云母、透閃石、透輝石、磁鉄矽卡岩（其中有石灰岩的交代殘余或絹云母岩）；
（6）磁鉄矿；
（7）大理岩。

从上述带状构造，可以做如下一般性小結：

（1）无論哪一类矽卡岩，透輝石均占有重要的地位；

（2）磁鉄矿絕大部分直接与灰岩接触，并且愈向外品位愈富；

（3）方柱石矽卡岩均分布于內带，柘榴石矽卡岩多分布于最外带，而透輝石矽卡岩一般分布于两者之間，但主要部分仍在外带；

（4）含透輝石、柘榴石的磁鉄矿屢見不鮮，但未見过含方柱石的磁鉄矿，似乎只有方柱石矽卡岩經过透輝石矽卡岩交代后才能矿化（图 4）；

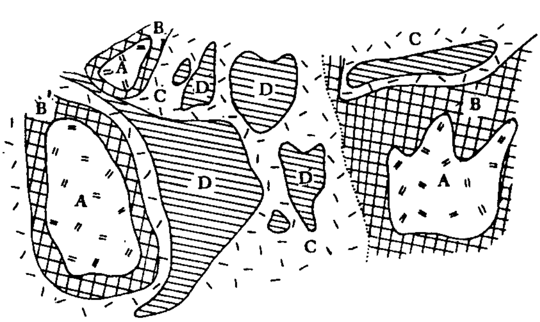


图 4　方柱石化—透輝石化—磁鉄矿化的关系
A 灰色，灰白色方柱石化閃长岩
B 黑云母方柱石化閃长岩
C 黑云母透輝石矽卡岩
D 含透輝石磁鉄矿

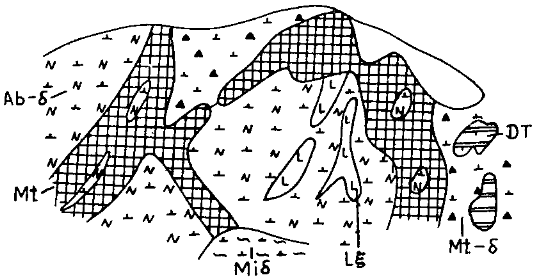
(5) 矽卡岩主要为交代围岩(石灰岩)及为量不多的岩浆岩形成，即矽卡岩多处于外带；

(6) 在一鉄矿区中其柘榴石矽卡岩与透輝石矽卡岩呈互层产出，但从未見过方柱石矽卡岩与其他矽卡岩(除透輝石矽卡岩以外)共生，金云母、黑云母类矽卡岩的出現在某些地方似乎与构造断裂有关；

(7) 矽卡岩发育地段往往是围岩破碎最厉害，或火成岩呈鋸齿状、舌状穿入围岩的地段，在这些地段，矽卡岩的带状构造往往重复、混乱。

关于矽卡岩生成的相对时期，可以考虑如下一些事实：

(1) 虽然有的細晶正长岩脉被矽卡岩化、磁鉄矿化，但絕大部分細晶正长岩脉却切穿了矽卡岩(图 5)；



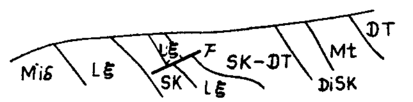


图 5

1. 示鈉长石化閃长岩及細晶岩脉均被磁鉄矿化

Ab—δ	鈉长石化閃长岩	Lξ	細晶正长岩脉
Mt-δ	含磁鉄矿閃长岩	Mt	磁鉄矿
Miδ	蝕变閃长岩	DT	大理岩

2. 示細晶岩脉穿插于矽卡岩中

Miδ	蝕变閃长岩	DiSK	透輝石矽卡岩
Lξ	細晶正长岩脉	Mt	磁鉄矿
SK	矽卡岩	DT	大理岩
SK-DT	矽卡岩化大理岩	F	小断层

(2) 閃长玢岩及煌斑岩脉均切穿矽卡岩与磁鉄矿；

(3) 矽卡岩及磁鉄矿的分布往往与火成岩的裂隙构造有关，或直接生于火成岩裂隙构造中，但一般均未超出接触圈以外。

有理由認为，矽卡岩的形成时期应被理解为：岩体边緣已經凝固，并随着整个岩体的冷却逐步形成的，与早期細晶正长岩脉生成期相近；过分強調围岩烤热作用在矽卡岩化过程中的作用的观点是不符合实际情况的。

三、矽卡岩化及磁鉄矿化作用

据我們不全面的了解，柯尔仁斯基所建立的“双交代”理論是这样：在作为矽卡岩形成过程特征的深度不大及高温的情况下，SiO_2、Al_2O_3 及 CaO 变得“迟鈍”，即溶液不能大量加入或带出，因此，矽卡岩的形成是在石灰岩与鋁硅酸盐岩的接触带相互扩散而形成，这种相互扩散可能是在相当高的温度下，由于一般岩浆期后溶液的影响所致。我們認为上述理論不能解释下列現象：

(1) 确有方柱石、透輝石、柘榴石等矽卡岩呈脉状产出，并且有时产于远离接触带的火成岩中；

(2) 矽卡岩的带状构造并沒有一成不变的規律，并且沿走向变化亦很大，已于前述，

有时柘榴石矽卡岩与透輝石矽卡岩呈互层产出；

（3）近接触带之岩浆岩并沒有去硅、去鋁作用，或者作用非常微弱，与矽卡岩化規模很不相称。

我們认为不能以"相互扩散"来解释整个矽卡岩化过程，正如 E. Д. 卡尔波娃所指出的，要使与花崗岩接触的单位体积石灰岩矽卡岩化，则要使同样体积的花崗岩去硅 70%，这样的去硅作用在本区沒有发現，但就 CaO 而言，倒有向火成岩方向扩散的可能性，因为近接触带的火成岩 CaO 含量显然增高，并且其中一部分可能轉入热液，以致造成广泛的碳酸盐化作用。

所有这些事实，促使我們树立了这样一种概念：矽卡岩-磁鉄矿的生成，系一种"矽卡岩-磁鉄矿汽水热液"作用的結果，这种热液应属一种富含鉄鎂质的鋁硅酸溶液，由于这种溶液原始成分及同化作用的专属性，以及被交代岩石的不同性质，所以造成了不同矿物組合的矽卡岩；随着矽卡岩作用的进行，热液中逐漸富于鉄质，这种鉄质热液对早期矽卡岩矿物进行交代形成了磁鉄矿。

图 6 很明显地反映了矽卡岩-磁鉄矿化过程中鉄、鎂质逐漸增強的过程。

上述論点可归納为如下几点：

（1）各种不同矿物組合的矽卡岩及磁鉄矿，系統一的"矽卡岩-磁鉄矿汽水热液"形成的，由于这种热液的不同专属性及被交代岩石的不同性质以及其他不同的地质条件，因此形成了不同矿物組合的矽卡岩，由于热液分泌的不均衡性，所以造成了矽卡岩矿物以及磁鉄矿生成的多期性。

（2）这种"矽卡岩-磁鉄矿汽水热液"系一种富鉄、鎂质的鋁硅酸溶液，它在开始阶段含有一定的揮发性气体，后阶段由于与围岩作用而逐漸富水分。

（3）矽卡岩阶段与磁鉄矿阶段并沒有截然分界綫，只是随着矽卡岩化作用的进行，SiO_2、Al_2O_3、MgO 等已大部消耗完毕，热液中便逐漸富鉄质，对早期析出的矽卡岩矿物进行交代，形成磁鉄矿。因此說，上述两个阶段是連續的，具有成因上的統一性。

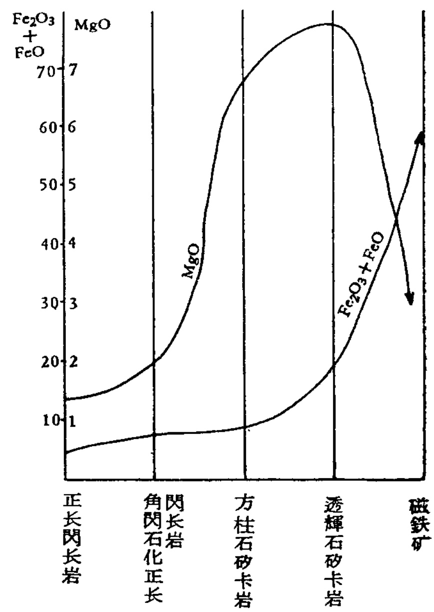


图 6　示矽卡岩-磁鉄矿化过程中 Mg、Fe 质的作用逐漸增强的过程

在某鉄矿、矽卡岩中，矿物的生成分为两期：早期为透輝石、透角閃石，均属不含鉄矿物；晚期为鈣鉄輝石、綠帘石、鈣鉄柘榴石，均属含鉄矿物，这种情况也說明了上述过程。

（4）随着矽卡岩化作用的进行，热液中逐漸富于鈣质，这无疑为磁鉄矿的析出創造了介质条件，这种富鈣质的殘余热液是热液的最后作用——碳酸盐化作用的基本原因和必然結果。

关于矽卡岩化作用与磁鉄矿化作用是統一热液作用过程的根据，还可由下列事实得到証实：

a. 成矿作用与矽卡岩化作用在地区上、強度上基本一致，两者呈正比关系；

b. 成矿作用均未超出矽卡岩作用范围，两者边界基本吻合，作用规模往往是前者小于后者；

c. 无論从野外观察或鏡下鑒定，无可辯駁地証明絕大部分磁鉄矿系由交代矽卡岩而来；

d. 矽卡岩化、磁鉄矿化作用強烈的地区往往其他蝕变作用也較強烈。

因此說，成矿条件也就是矽卡岩化条件，一般說来，前者是在后者的基础上发展的必然趋势。

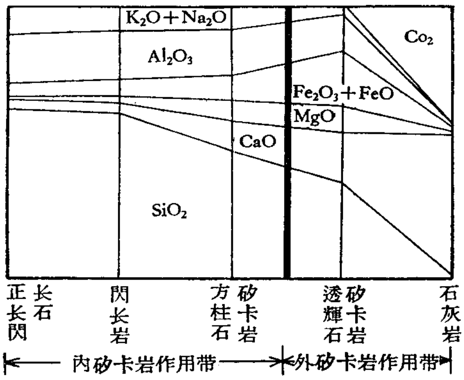


图 7 矽卡岩化过程物质成分加入、带出关系图

关于矽卡岩化过程組分的加入、带出情况可参考图 7。

由图 7 可以看出，近接触带的火成岩幷沒有去硅、去鋁作用，其中閃长岩的 SiO_2 含量稍低，是因为同化混染石灰岩的关系，同时还可以看出，要使石灰岩矽卡岩化，SiO_2、Al_2O_3 必須增加 10—20 倍以上，这样的作用是无法用扩散作用所能解释的，何况本区实际資料証明，矽卡岩主要位于外接触带，更說明了这一点，但 CaO 有向火成岩方向扩散的可能性，MgO、Fe_2O_3 + + FeO 在矽卡岩中的含量較石灰岩增加 13 倍以上，較火成岩中增加 3 倍以上，这显然是外来成分加入所致。

外带矽卡岩与內带矽卡岩在化学成分上有明显的差別。外带矽卡岩 SiO_2、Al_2O_3 及 K_2O + Na_2O 含量較低，而 CaO、Fe_2O_3 + FeO 含量較高，內带矽卡岩則相反，我們認为这与原岩成分以及磁鉄矿往往富集于外带有关。

矽卡岩化过程說明“半封閉条件”的重要意义，因为很难設想，在 CO_2 无法散失的情况下，石灰岩能不断地被矽卡岩交代（即封閉系統），相反，如果为“张开系統”則热液将被散失于围岩之中，而不能保証比較聚集地进行充分的交代作用的时間与地点。

同时我們認为在矽卡岩-磁鉄矿化作用过程中，相对的构造稳定条件亦很重要，只有这样，才能保証热液持續不断地供給，与矽卡岩化与矿化地点的重合。

本区“石英-硫化物期”的矿物很少，这很可能与岩浆的成分及演化过程有关。

关于热液中鉄質的来源，是一个复杂的問題，我們趋向于这样一种看法：形成矽卡岩型鉄矿的热液往往具有碳酸盐同化作用的专属性，我們知道，矽卡岩型鉄矿往往与閃长岩类岩石有关，而这种閃长岩往往具有碳酸盐同化作用的特征，同时碳酸盐同化作用对鉄質沉淀、聚集起了积极作用。

四、結 語

我們認为，研究內生成矿問題必須从岩浆专属性，同化作用专属性，以及地質构造条件等多方面出发，不能过分強調某方面的决定性作用，也不能籠統地認为上述条件具有同等的重要性，而是应該根据不同矿种、不同成矿深度（与岩浆母岩的距离），不同围岩地質

条件等而有所偏重，对于矽卡岩型鉄矿来說，我們認为岩浆同化作用具有重要意义。并且認为矽卡岩-磁鉄矿的形成过程主要属热液的单交代作用，双交代扩散作用仅具有次要的意义。

ON THE MAGNETIZED SKARN OF A CERTAIN DISTRICT

XIA CHI-PING

Abstract

The mineralization occurred along the contact of the diorite-syenite intrusives (probably late cretaceous in age) with the middle Ordovician limestone.

The skarn minerals are chiefly diopside and garnet, with subordinate scapolite and lepidolite and occasionally some actionolite and hornblende.

There are multiple stages of mineralization with younger skarn minerals in the form of veins transecting the earlier formed skarn minerals. The ore-mineral magnetite, generally is present as replacing the earlier formed skarn minerals.

The scapolite bearing skarn is usually formed in the inner zone, the garnet bearing skarn at the outermost zone, and the diopside bearing skarn developed both at the inner and the outer zones of the contact metamorphism. The garnet skarn and the diopside skarn are often mutually interbedded but with great lateral variation of extension. These skarns are chiefly the result of the replacement of the limestone country rock and less commonly of the intrusive rock itself, hence they are, as a rule, developed along the outer zone of the contact metamorphism.

The chemical nature of the different zones is shown as following:

1. Both the inner and the outer zones show an increase of MgO, Fe_2O_3 and FeO;
2. The inner zone shows an increase while the outer zone a decrease of the content of CaO;
3. The inner zone shows a decrease while the outer zone an increase of SiO_2 and Al_2O_3. But the decrease of such in the inner zone is very slight, while the outer zone shows a substantial increase.

The contents of SiO_2, Al_2O_3 and K_2O Na_2O in the outer zone are lower, while the contents of CaO, Fe_2O_3 FeO are higher than the respective corresponding contents in the inner zone.