

西藏拉轨岗日核杂岩盖层变质分带特征及其地质意义

袁晏明¹, 李德威¹, 张雄华¹, 卢 练¹, 李启龙²

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074; 2. 武汉电力职业技术学院, 湖北武汉 430079)

摘要: 藏南拉轨岗日由一系列链状的热穹隆构成, 总体呈东西向延伸, 每一个热穹隆是一个变质核杂岩, 核部发育大量变质岩, 基底与盖层之间发育拆离断层。通过对拉轨岗日变质带及其特征变质矿物进行化学成分分析和温度压力估算, 得出拉轨岗日变质带的分带规律及矿物成分、变质温度、压力、深度的变化规律, 为拉轨岗日变质核杂岩的热活动提供了佐证。

关键词: 变质分带; 化学成分; 变质核杂岩; 拉轨岗日; 西藏。

中图分类号: P58 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2003)06-0690-05

作者简介: 袁晏明(1959—), 男, 副教授, 从事地质学教学和研究工作。

0 引言

西藏拉轨岗日构造带古生代盖层环绕基底变质岩, 发育宽 3~5 km 的变质带, 《西藏岩石地层》将其归为少岗群、破林浦组、比麓组、康马组、白定浦组和吕村组^[1]。该地区变质岩研究甚少, 其变质分带、变质条件至今仍为空白。本文拟在地质调查基础上对该带广泛存在的变质矿物石榴子石、黑云母、白云母作系统的矿物化学研究, 利用矿物温度压力计^[2,3], 讨论西藏拉轨岗日核杂岩盖层变质分带及其地质意义。

1 地质背景及盖层分带特征

拉轨岗日核杂岩位于特提斯喜马拉雅的中段, 北与雅鲁藏布江蛇绿岩套平行; 南与高喜马拉雅隆起带平行, 其间被定日—岗巴坳陷带分隔, 核杂岩表现为一个个热穹隆呈近东西向的链状分布。核部为眼球状、条痕状混合岩、混合片麻岩及淡色花岗岩株。在这些热穹隆周围发育了一系列拆离断层和大量的变质岩, 详细的野外工作表明, 盖层有如下特点: (1) 变质地层之间变质程度存在明显的渐变过渡

关系。由内到外, 构造有片麻状、片状、千枚状和板状的渐变。矿物粒度有由粗到细的过渡。(2) 这套变质岩的变质程度和变形特征与拉轨岗日的核部变质岩之间存在显著的差别, 其原始层理保存完好, 除有基本上与 S_0 一致的片理化定向外, 基本上未见其他变形、混合岩化现象; 核部变质岩的变质程度均一, 普遍发育有混合岩化变质, 岩石变形强烈, 广泛发育有剪切流变褶皱。(3) 发育有明显的变质分带。根据野外及井下工作, 笔者将萨迦县麻布加乡附近的变质岩分为 3 个变质带(图 1), 剖面上自核部往 SEE 方向依次为黑云母带、石榴子石带和绿泥石带(在麻布加以外地区见有红柱石带), 变质程度逐渐

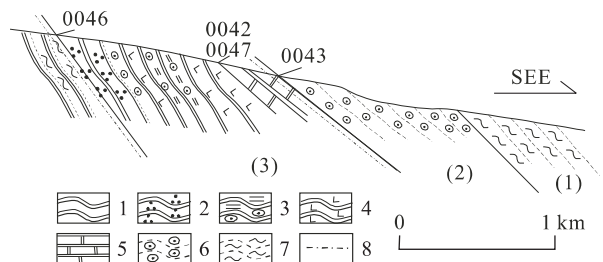


图 1 麻布加接触变质分带

Fig. 1 Contact-thermal metamorphic zone in Mabujia

1. 片麻岩; 2. 石英岩; 3. 石榴子二云母片岩; 4. 钙质片岩; 5. 大理岩; 6. 石榴子石千枚岩; 7. 绿泥石千枚岩; 8. 拆离断层; (1) 绿泥石带; (2) 石榴子石带; (3) 黑云母带

收稿日期: 2003-05-15

基金项目: 中国地质调查局“1:25 万定结幅、陈塘区幅(国内部分)区域地质调查”项目(No. 20001300009231)。

表 1 石榴子石化学组成

Table 1 Chemical compositions of garnets

成分	核黑云母带					石榴子石带			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1744-1	b46-2	b46-4	b46-12	b46-20	b43-1	b43-3	b43-6	b43-10
SiO ₂	37.27	36.79	36.57	36.69	37.17	37.18	38.33	36.77	37.60
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02	0.01
Al ₂ O ₃	22.36	21.91	21.84	21.40	22.26	20.67	21.19	21.40	21.64
FeO	32.39	32.12	31.25	26.55	29.68	31.67	30.71	30.28	31.81
MnO	1.37	0.79	2.50	5.96	1.47	3.04	2.78	3.13	3.25
MgO	3.44	3.14	3.17	2.22	2.01	0.63	0.51	0.81	0.88
CaO	2.87	4.07	2.96	5.33	6.78	5.53	6.65	5.97	5.27
合计	99.70	98.81	98.29	98.20	99.40	98.76	100.20	98.38	100.46
Si	2.971	2.965	2.967	2.984	2.973	3.038	3.064	3.000	3.010
Ti	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001
Al	2.101	2.081	2.089	2.051	2.098	1.990	1.997	2.060	2.040
Fe	2.160	2.165	2.121	1.806	1.985	2.164	2.053	2.070	2.130
Mn	0.093	0.054	0.172	0.410	0.099	0.210	0.188	0.220	0.220
Mg	0.408	0.377	0.383	0.270	0.239	0.077	0.060	0.100	0.110
Ca	0.245	0.352	0.257	0.464	0.581	0.484	0.569	0.520	0.450
A	0.159	0.148	0.153	0.130	0.107	0.034	0.028	0.046	0.049
Alm	74.3	73.4	72.3	61.2	68.4	73.7	71.5	71.1	73.2
Spes	3.2	1.8	5.9	13.9	3.4	7.2	6.5	7.5	7.6
Pyr	14.0	12.8	13.1	9.2	8.2	2.6	2.1	3.4	3.8
Gros	8.4	11.9	8.8	15.7	20.0	16.5	19.8	17.9	15.5

表中氧化物为质量分数(%),其他均为粒子数;A=n(Mg)/n(Fe+Mg)。

表 2 白云母化学组成(原子系数)

Table 2 Chemical compositions of muscovite

样品 编号	序号	样品	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Cr	n(Na)/ n(Na+K)	矿物带
1744-1	1	Mus	3.068	0.019	2.846	0.078	0.000	0.043	0.000	0.245	0.628	0.000	28.064	
b46-2	2	Mus	3.095	0.024	2.762	0.087	0.000	0.077	0.000	0.183	0.714	0.003	20.401	核黑云母带
b46-12	3	Mus	3.077	0.008	2.775	0.149	0.002	0.053	0.002	0.124	0.782	0.005	13.687	
b43-3	4	Mus	3.176	0.009	2.739	0.045	0.000	0.043	0.000	0.118	0.748	0.000	13.626	石榴子石带
b43-13	5	Mus	3.070	0.000	2.840	0.090	0.000	0.080	0.000	0.100	0.770	0.000	11.494	
b43-19	6	Mus	3.185	0.010	2.788	0.064	0.000	0.070	0.005	0.059	0.519	0.001	10.208	绿泥石带
b43-22	7	Mus	3.242	0.010	2.676	0.050	0.000	0.131	0.000	0.061	0.542	0.000	10.116	

表 3 绿泥石化学成分(原子系数)

Table 3 Chemical compositions of Chl

样品 编号	序号	样品	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Cr	n(Mg)/ n(Mg+Fe)	矿物带
1744-1	1	Chl	2.216	0.002	2.109	1.881	0.009	1.508	0.000	0.000	0.007	0.000	0.445	
b43-13	2	Chl	2.050	0.000	2.370	2.190	0.010	1.130	0.000	0.030	0.000	0.000	0.340	
b43-17	3	Chl	2.090	0.000	2.400	2.110	0.010	1.030	0.010	0.000	0.030	0.020	0.328	核绿泥石带
b43-19	4	Chl	2.110	0.000	2.320	2.080	0.000	1.160	0.050	0.010	0.000	0.000	0.358	
b45-1	5	Chl	2.090	0.000	2.450	1.980	0.010	1.150	0.000	0.000	0.030	0.000	0.367	

变低。

3 个带泥质变质岩的主要矿物组合分别为:黑云母带:石英+黑云母+白云母+石榴子石,含石榴

子石二云母片岩;黑云母+白云母+石英+方解石,钙质板岩。石榴子石带:石英+炭质+绢云母+石榴子石,石榴子石绢云母炭质千枚岩;石英+炭质+绢

表 4 黑云母化学组成(原子系数)
Table 4 Chemical compositions of biotite

样品编号	序号	样品	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Cr	$n(\text{Mg})/n(\text{Mg}+\text{Fe})$	矿物带
1746-1	1	Bi	2.727	0.149	1.591	1.510	0.026	0.816	0.000	0.000	1.010	0.003	0.351	核黑云母带
1747-3	2	Bi	2.718	0.176	1.709	1.493	0.022	0.632	0.000	0.007	0.997	0.000	0.297	
1749-1	3	Bi	2.763	0.176	1.514	1.534	0.029	0.782	0.002	0.000	1.005	0.002	0.338	
b46-1	4	Bi	2.747	0.173	1.575	1.344	0.003	0.963	0.000	0.000	0.975	0.000	0.417	
b46-2	5	Bi	2.725	0.078	1.750	1.139	0.001	1.179	0.001	0.067	0.770	0.020	0.509	
b46-4	6	Bi	2.718	0.092	1.729	1.106	0.004	1.208	0.000	0.071	0.863	0.001	0.522	
b46-8	7	Bi	2.725	0.070	1.796	1.208	0.000	1.071	0.000	0.033	0.843	0.000	0.470	
b46-12	8	Bi	2.663	0.079	1.686	1.249	0.011	1.195	0.002	0.035	0.875	0.050	0.489	
b46-16	9	Bi	2.732	0.161	1.535	1.209	0.011	1.183	0.000	0.008	1.008	0.000	0.495	
b42-1	10	Bi	2.798	0.081	1.675	1.063	0.009	1.168	0.002	0.032	0.938	0.003	0.524	
b42-3	11	Bi	2.821	0.121	1.467	0.839	0.000	1.604	0.000	0.001	0.946	0.000	0.657	
b42-8	12	Bi	2.951	0.095	1.404	0.606	0.000	1.803	0.015	0.000	0.758	0.000	0.748	

云母, 绢云母炭质千枚岩。绿泥石带: 石英+绢云母+绿泥石, 绿泥石千枚岩; 石英+绢云母, 千枚状板岩; 石英+绢云母+绿泥石+炭质, 板岩。虽然前两带中均含石榴子石, 但其含量和大小有较大的区别, 黑云母带中石榴子石含量小于 1%, 且粒径小于 0.5 mm, 而石榴子石带中的石榴子石含量在 9% 左右, 粒径多大于 2 mm。

2 实验方法及结果

笔者在萨迦县麻布加实测剖面上选取 9 个含石榴子石的样品, 12 个黑云母样品, 7 个白云母样品、5 个绿泥石样品。其中石榴子石—黑云母矿物对样品 4 对, 用电子探针对其进行了成分测定, 测试工作由中国地质大学(武汉)测试中心郑署完成。仪器名称: 电子探针 JCSA-733; 测试环境: 温度 18℃, 湿度 45%; 由测试结果计算的原子系数见表 1~4; 从表 1~4 可以看出, 一些矿物的某些元素在剖面上有一定的变化

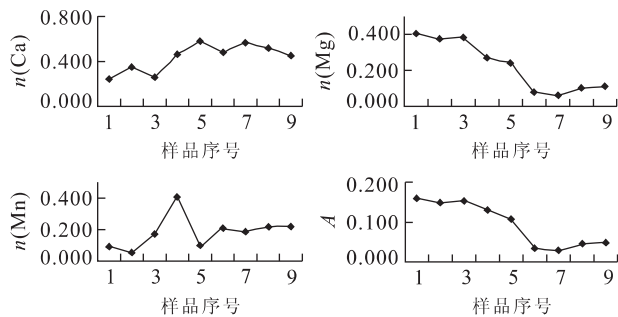


图 2 石榴子石组分的剖面变化($A=n(\text{Mg})/n(\text{Mg}+\text{Fe})$)
Fig. 2 Composition of garnets in the section

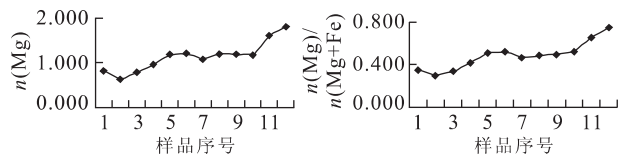


图 3 黑云母组分的剖面变化

Fig. 3 Compositions of biotites in the section

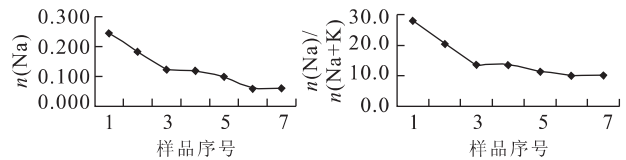


图 4 白云母组分的剖面变化

Fig. 4 Compositions of muscovites in the section

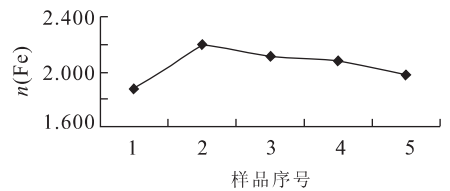


图 5 绿泥石 $n(\text{Fe})$ 的剖面变化

Fig. 5 Regularity of $n(\text{Fe})$ of Chl in the section

规律, 据此, 笔者作出其变化规律(图 2~4), 图 2~4 中, 横坐标从左至右是由核部向外带的采样分布。

图 2 是石榴子石 Mg、Mn、Ca 和 $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ 的剖面变化规律。从图 2 中可以看出: Mn、Ca 由内向外增加(个别样有差异); Mg 和 $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ 则降低, 且在黑云母带和石榴子石带之间有数量级的差异, 在石榴子石带还略有上升。从表 1 中可以看出石榴子石的几个端元组分有一定的分布规律, 其

表 5 由石榴子石-黑云母、白云母计算的 p 、 T 、 D 、 FMG

Table 5 p , T , D , FMG value

变质带	核部		黑云母带					石榴子石带			绿泥石带	
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
样品	1744-1	b46-2	b46-4	b46-12	b46-20	B43-1	B43-3	B43-6	B43-10	B43-19	B43-22	
$p/(10^8 \text{ Pa})$	1.0	6.0	5.5	5.0	4.0	4.0	4.0	1.8	1.3	1.6	1.5	
D/km	3.5	21.0	19.3	17.5	14.0	14.0	14.0	6.3	4.3	5.3	5.0	
$T/^\circ\text{C}$	702.0	576.0	571.0	562.0	524.8	538.0	536.0	496.0	541.0	468.9	466.8	
$FMG/(^\circ\text{C} \cdot \text{km}^{-1})$	200.5	27.4	29.3	32.1	37.4	38.4	38.3	78.7	125.8	88.5	93.4	

中镁铝、锰铝和钙铝榴石的规律性与 Mg、Mn、Ca 元素相同,铁铝榴石总的规律性不强,但在黑云母带内有明显的下降趋势。

图 3 是黑云母中 Mg 和 $Mg/(Fe+Mg)$ 的变化规律,由于只有核部和黑云母带存在黑云母,它只能代表这 2 个带的变化规律,从图中可以看出,由内向外, Mg 和 $Mg/(Fe+Mg)$ 是升高的. 图 4 是白云母 Na 和 $Na/(Na+K)$ 的变化规律,可以看出,由核向外逐渐降低的规律. 从图 5 可以看出,绿泥石带中绿泥石 Fe 的含量是逐渐降低的.

变质条件:由于石榴子石、黑云母中 Fe、Mg、Mn、Ca 均是温度的函数^[2,3],它们之间 Fe、Mg 的分配系数和分离系数与温度和压力有关^[3],据此计算的温度压力列于表 5 中(样品号是黑体字的),对没有石榴子石、黑云母矿物对的变质带,笔者用白云母^[3]求得其温度和压力,结果一并列表 5,表 5 中 D 是变质深度; FMG 是根据变质温度和变质深度计算的野外变质梯度^[4]. 利用表 5 作出温度、压力和 FMG 在剖面上的变化图(图 6,7).

图 6 中拉轨岗日盖层 FMG 总趋势是由内到外逐渐增大(内核除外),显示了由中 p/T 变质相系向极低 p/T 变质相系的变化. 图 7 中,纵坐标为温度或压力,横坐标同前. 从图中可以看出,拉轨岗日变质岩由内带向外带,温度是逐渐降低的;压力从第 2 个样品开始,也是逐渐降低的. 其温度的变化规律反映了该地区变质作用对变质核的依赖关系:靠近变质核温度高,变质作用强烈;远离变质核温度低,则

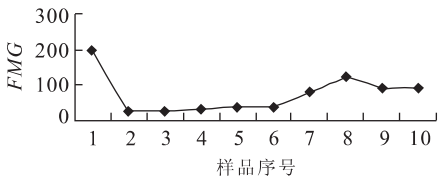


图 6 FMG 的剖面变化
Fig. 6 FMG in the section

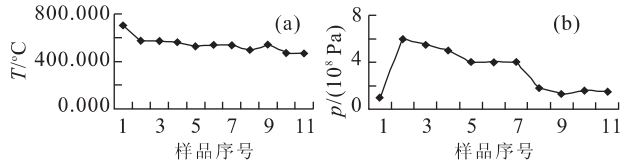


图 7 拉轨岗日变质带 p 、 T 的剖面变化
Fig. 7 p and T of the zone in the section

变质作用弱,也就是说变质热源来自于变质核. 拉轨岗日盖层变质岩变质压力的变化规律可解释该地区变质核的隆升和拆离断层的形成,当变质核上升时,地下深处形成的变质岩就会上升至地表,此时,在穹窿附近会形成一系列的环状拆离断层,使得覆盖其上由深部形成的变质岩向四周拆离,造成远离变质核变质压力低. 核部第 1 个样品压力低的原因,可能是变质核上升到一定高度后,晚期变质作用形成的白云母,故用其计算的压力就低.

3 结论

通过对拉轨岗日地区盖层变质岩带的研究,得出了如下结论:(1)拉轨岗日盖层变质岩的结构构造和矿物组合等特征显示盖层变质岩分带现象,由内到外可分为黑云母带、石榴子石带和绿泥石带. 在这些变质带中,石榴子石、黑云母、白云母和绿泥石中的某些元素(Fe、Mg 等)在剖面上呈规律性变化,与变质温压条件密切相关.(2)拉轨岗日盖层变质带的变质温度表现为由内带向外带逐渐降低,最高变质温度大于 702°C ,最低变质温度小于 466°C ,这表明以片麻岩和淡色花岗岩为主体的拉轨岗日变质核可能是盖层变质岩形成的主要热源.(3)拉轨岗日盖层变质带变质压力表现为由内带向外带逐渐降低,最高变质压力大于 $6 \times 10^8 \text{ Pa}$,最低变质压力小于 $1.3 \times 10^8 \text{ Pa}$;两带的变质深度为 $21 \sim 3.5 \text{ km}$. 这种规律变化是拉轨岗日带构造隆升及拉轨岗日变质核

杂岩形成的反映.

参考文献:

[1] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.
Department of Geology and Mineral Resource of Tibet. Strata of rocks in Tibet [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997.

[2] 顾连兴,杜建国. 大别山榴辉岩退变质多硅白云母及地质压力计可用性讨论[J]. 矿物学报,2001, 21(2): 149-152.
GU L X, DU J G. Composition of retrogressive pheng-

ites from eclogites of the Dabie region: Implication for the applicability of phengite geobarometer [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2001, 21(2): 149-152.

[3] 薛君治,白学让. 成因矿物学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991.
XUE J Z, BAI X R. Genetic mineralogy [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991.

[4] 路凤香,桑隆康. 岩石学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2001.
LU F X, SANG L K. Petrology [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2001.

Characteristics and Geological Meaning of Metamorphic Zonation of Top Laguigangri Metamorphic Core Complex, Tibet

YUAN Yan-ming¹, LI De-wei¹, ZHANG Xiong-hua¹, LU Lian¹, LI Qi-long²

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Technologic College of Profession of Electronic Power, Wuhan 430079, China)

Abstract: Laguigangri Mountains are composed of a series of chain-like swellings trending west and east. They all are vaults where there are a lot of metamorphic rocks and detachment faults, and so they are naturally related to each other. The research of chemical composition and metamorphic zonation and estimation of *p-T* of characteristic metamorphic minerals from metamorphic zone in Laguigangri has revealed the regularity of composition, temperature and pressure and metamorphic depth. This will evidence the activities of the metamorphic core and the detachment fault.

Key words: metamorphic zonation; chemical composition; metamorphic core complex; Laguigangri; Tibet.

* * * * *

(上接 652)

辉岩和尖晶石橄榄二辉岩产于相同的地质背景,而且没有发生变质,说明超浅成相超镁铁岩与深成相超镁铁岩同时或比后者更新,它们是同源岩浆活动的产物.

在高喜马拉雅变质杂岩中发现青藏高原隆升过程中形成的与高压基性麻粒岩伴生的深成相超镁铁岩和超浅成相超镁铁岩,这对于认识喜马拉雅和藏

南软流圈上隆和岩石圈减薄、幔源岩浆的组成和性质、壳幔物质交换过程和壳幔过渡带的形成与演化、异常热结构和热状态以及相关的热隆伸展作用和淡色花岗岩的壳内熔融成因等一系列重大基础地质问题具有重要的理论意义,同时对于研究造山带地幔成矿作用和寻找金刚石、铂等稀有矿产也具有一定的意义.