地 球 化 学
1981 年 12 月 GEOCHIMICA 第 4 期

鞍本抚顺地区科马提岩的初步研究

徐光荣 陈洪江
（长春冶金地质学校）

鞍本抚顺地区老变质岩的研究，前人曾做了大量工作，为深入研究本区的基础地质和成矿规律打下了一定的基础。作者在前人工作的基础上，初步查明鞍本抚顺地区鞍山群为太古代绿岩带[1]，在绿岩带的下部发现了科马提岩组合。本区科马提岩主要产在变质程度为角闪岩相-麻粒岩相的下鞍山群地层中，其变质岩主要为单矿角闪岩、单斜辉石岩和紫苏辉石岩。一般呈层状，部分呈透镜状，局部残存有比较典型的火山岩组构。岩石化学和地球化学特征与国外典型的科马提岩基本一致。其原岩为古海沟优地槽海相火山岩组合。与世界标准地区绿岩带的科马提岩相比较，本区岩石变质程度较深，以玄武质科马提岩为主，橄榄质科马提岩不发育。

鞍本抚顺地区科马提岩的存在，对鞍本抚顺太古代绿岩带的研究、鞍山群地层的划分、古构造的恢复、成矿古地理环境的分析、成矿规律的总结和成矿预测的进行都是有意义的。

一、鞍本抚顺地区科马提岩的分布及产状

本区科马提岩广泛分布于抚顺、清原和鞍本地区的歪头山、南芬、弓长岭、齐大山和小岭子等地区。为了便于对该区科马提岩地质产状的论述，将作者关于鞍山群的分层根据简述如次：（1）按照绿岩带观点，以赋存科马提岩组合的主要层位山城子组作为标志层；（2）经工作查明，原来建立樱桃园组的齐大山矿带地层，根据岩性对比、变质程度、原岩建造、同位素地质年龄其层位应属山城子组和烟龙山组；（3）经构造复原后，鞍本抚顺地区太古界基底构造为一以辽阳为中心的太古代绿岩盆地[2]。

本区鞍山群地层由上而下划分如下：

下元古界辽河群（PtL_1）

太古界 上鞍山群（Ara_3）

关门山组（Ara_3y）

绿泥绢云千枚岩、石英岩、绿泥云母片岩、黑云母石英片岩，夹厚层条带状赤（磁）铁石英岩，厚 >1000 米。

中鞍山群（Ara_2）

大峪沟组（Ara_2d）

1）徐光荣、陈洪江，鞍本太古代绿岩带的基本地质特征（1980）。
2）徐光荣、陈洪江，鞍本抚顺地区太古代绿岩带古构造的恢复（1980）。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

主要为黑云变粒岩，夹少量浅粒岩、片岩，局部有少量绿帘斜长角闪岩。局部地方在黑云变粒岩中产多层条带状磁铁石英岩，厚 2474 米。

烟龙山组（Ara_2y）

为鞍本地区的主要含铁层位，普遍可分为四段：

第四段　上部片岩段　主要为云母石英片岩、石英岩，局部夹磁铁石英岩。

第三段　上含铁段　斜长角闪岩与角闪石(阳起石)磁铁石英岩互层。

第二段　标志层　黑云(角闪)变粒岩，夹一层不稳定的条带状磁铁石英岩。

第一段　下含铁段　斜长角闪岩夹云母石英片岩与角闪(铁闪石)磁铁石英岩互层，四段共厚 3032 米。

下鞍山群（Ara_1）

山城子组（Ara_1s）

斜长角闪岩与单矿角闪岩互层，局部夹云母石英片岩或条带状角闪磁铁石英岩透镜体，部分地段有超基性岩夹层，厚 >1600。

通什村组（Ara_1t）

麻粒岩、蓝晶矽线变粒岩、黑云变粒岩、单矿角闪岩、斜长角闪岩，夹多层薄层条带状辉石磁铁石英岩，厚 5582 米。

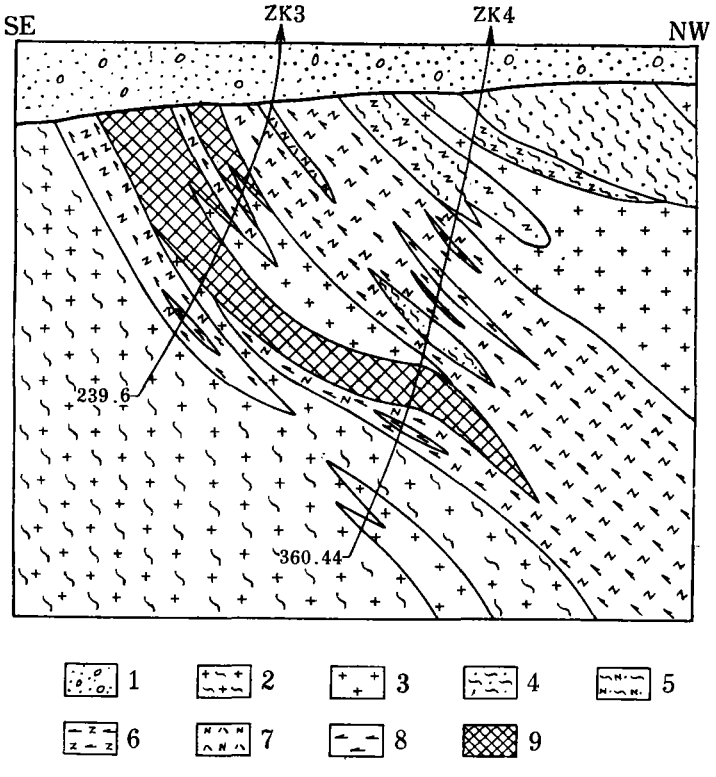


图 1　小岭子铁矿床西段矿体 II 线地质示意剖面

1.第四系冲积层；　2.混合花岗岩；　3.燕山花岗岩；　4.黑云石英变粒岩；
5.黑云斜长变粒岩；　6.紫苏辉石麻粒岩；　7.斜长角闪岩；　8.单矿角闪岩；
9.磁铁石英岩。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本区科马提岩产出层位主要为下鞍山群的通什村组、山城子组，一般呈层状，局部呈透镜状，普遍与拉斑玄武岩（斜长角闪岩）呈互层产出。产在通什村组下部的科马提岩多呈透镜状，赋存在紫苏麻粒岩中，其变质岩为单斜辉石岩、紫苏辉石岩，厚度仅数十厘米至数米。该组上部的科马提岩主要呈小夹层或透镜体，产在斜长角闪岩和黑云变粒岩中，其变质岩为单矿角闪岩，厚几米至十几米（图 1）。山城子组为本区科马提岩产出的主要层位，沿辽阳绿岩盆地的外缘，呈层状，局部呈透镜状，分布于歪头山、南芬、弓长岭、齐大山的张家湾至陈台沟一带，厚度比较大，数十米至一百多米，其变质岩为单矿角闪岩，普遍与拉斑玄武岩（斜长角闪岩）呈互层产出，局部夹少量碎屑沉积岩（如云母石英片岩）。兹以弓长岭 25 线实测地质剖面为例，叙述如下（图 2）：

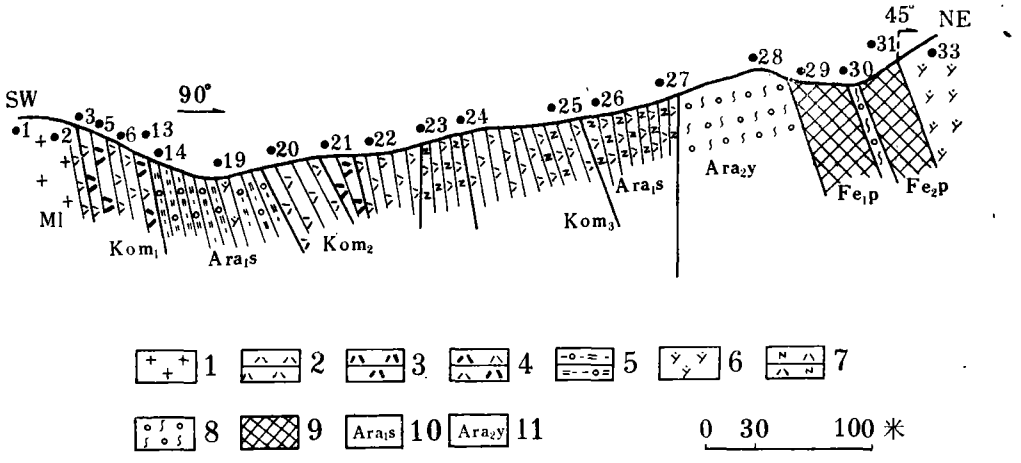


图 2　弓长岭二矿区 25 线示意地质剖面

1.混合花岗岩；2.细粒单矿角闪岩；3.中粒单矿角闪岩；4.斑状单矿角闪岩；5.石榴二云石英片岩；6.黑云变粒岩；7.斜长角闪岩；8.石榴绿泥片岩；9.条带状磁铁石英岩；10.山城子组；11.烟龙山组。

烟龙山组（Ara_2y）下含铁段	
山城子组（Ara_1s）	厚 >412 米
14. 灰绿色细粒含电气石斜长角闪岩	68 米
13. 灰绿色细条纹状细粒单矿角闪岩	123 米
12. 灰绿色中粒单矿角闪岩	18 米
11. 灰绿色细粒斜长角闪岩	37 米
10. 灰绿色细粒单矿角闪岩	71 米
9. 石榴黑云石英片岩	33 米
8. 灰绿色中粒单矿角闪岩	8 米
7. 灰绿色细粒单矿角闪岩	40 米
6. 灰绿色斑状单矿角闪岩，具变余鬣刺结构（见图 3）	4 米
5. 灰绿色细粒斜长角闪岩	4 米
4. 灰绿色斑状单矿角闪岩，具变余鬣刺结构	2 米
3. 灰绿色中粒单矿角闪岩	2 米

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2. 灰绿色细粒单矿角闪岩 2 米

～～～～～～～ 侵入交代接触 ～～～～～～～

1. 浅肉红色混合花岗岩

从上述剖面可以看出，山城子组的科马提岩的累计厚度 270 米以上，占岩层出露总厚度的 65.5%，拉斑玄武岩仅占 26.5%，而沉积岩仅占 8%。整个山城子组科马提岩层位稳定、分布广，而且沿辽阳绿岩盆地的外缘由南至北厚度呈有规律的变化，南部齐大山、弓长岭一带，厚度比较大(几十米至一百多米)，往北厚度变小，在拉斑玄武岩中呈小夹层产出。相应与之有关的铁矿床，由特大型变为中一大型。

科马提岩的产出层位主要为下鞍山群的通什村组、山城子组。其次在中鞍山群烟龙山组的上下含铁带也有少量的科马提岩夹层。

二、本区科马提岩的岩石学特征

本区的科马提岩主要由镁铁硅酸盐矿物组成的单矿物变质岩，主要变质矿物有：角闪石、阳起石、紫苏辉石、单斜辉石、蛇纹石、滑石等，其岩石类型及特征随产出层位、变质程度及后期热液蚀变的不同而不同。

产在通什村组的科马提岩，其变质岩为单斜辉石岩、紫苏辉石岩、含长紫苏辉石岩、单矿角闪岩。主要变质矿物为单斜辉石、紫苏辉石、普通角闪石，其次有极少量的斜长石、尖晶石、石榴石、磁铁矿。

岩石呈深灰绿至黑色，中-细粒变晶结构，块状构造，局部呈片麻状构造，往往受后期热液的影响产生蚀变，常见有透闪石化、黑云母化、滑石化、蛇纹石化、绿泥石化等。

山城子组及烟龙山组的科马提岩的变质岩岩性比较单一，普遍为单矿角闪岩，少数为含长角闪石岩、片状透闪阳起石岩。主要变质矿物为普通角闪石，占 95% 以上，其次为少量斜长石、磁铁矿。较常见的热液蚀变为阳起石化、透闪石化、黑云母化，局部见有蛇纹石化及滑石化。

岩石呈深灰绿色，块状构造，局部呈片状构造，细-中粒变晶结构、斑状变晶结构。虽

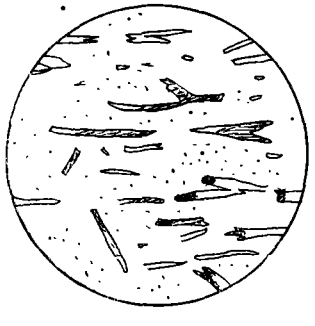


图 3 变余鬣刺结构 弓 I-7

细长针状角闪石，呈平行排列，局部呈小角度交叉 d = 4.75 毫米 (一)



图 4 变余辉绿结构(大柳峪 21)

由板状斜长石 (Pl) 构成的格架中，充填有角闪石(Hb) 及磁铁矿(Mt)。d = 4.75 毫米 (一)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

然山城子组变质程度达角闪岩相，但仍然在个别地段保留了原始的火山岩组构。如在弓长岭二矿区 25 线，斑状单矿角闪岩保留了变余显微鬣刺结构(图 3)，细长针状角闪呈小角度交叉的平行束状。大柳峪的斜长角闪岩，局部具有变余辉绿结构(图 4)，由板条状自形晶的斜长石构成的三角格架中分布有半自形的角闪石和磁铁矿颗粒。这种结构在歪头山铁矿下部的斜长角闪岩也有所见。

山城子组的橄榄质科马提岩，主要分布在歪头山地区，其变质岩为蛇纹岩、滑石蛇纹岩、绿泥滑石片岩。岩石呈绿色至深灰绿色，块状、片状构造，纤维变晶结构。局部可见橄榄石、辉石残留体。主要变质矿物为蛇纹石，有的含量高达 95% 左右，其次为滑石、透闪石、伊丁石，并见有磁铁矿析离体。

三、科马提岩的岩石化学特征

科马提岩是一种具有独特的岩石化学特征的超镁铁质古火山岩。一般鉴定科马提岩除根据岩石的地质产状及岩石学特征外，主要根据岩石化学参数[1,2]。关于科马提岩的岩石化学鉴定准则，在国内外学术界一直存在争议，短时间内难以取得一致意见。在这种情况下，作者将国外已知的比较典型的七十多个科马提岩及与之伴生不易分辨的拉斑玄武岩的化学分析数据进行了系统的对比分析，投影于 N. A. 阿恩特 (Arndt)[3] 等提出的一套鉴别科马提岩的图解中：

(1) Al_2O_3 对 $\langle FeO\rangle/\langle FeO+MgO\rangle$ 图解；

(2) MgO 对 TiO_2 图解；

(3) (Na_2O+K_2O) 对 SiO_2 图解；

(4) (Na_2O+K_2O) 对 Al_2O_3 图解；

(5) $\langle FeO\rangle$–MgO–(Na_2O+K_2O) 图解；

在此基础上作者设计和改编了以下三种图解：

(1) CaO/Al_2O_3 对 MgO 图解；

(2) Al_2O_3 对 K_2O 图解；

(3) MgO–CaO–Al_2O_3 图解

将上述数据和图解进行分析研究得出下述认识：科马提岩与拉斑玄武岩之间难于区分的是岩石化学成分极为相似的巴伯顿型玄武质科马提岩与低钾拉斑玄武岩。能有效地区分二者的岩石化学参数主要有：

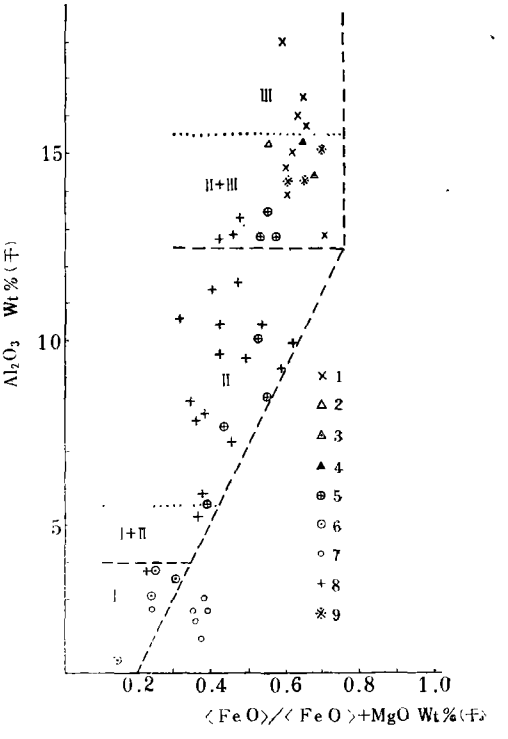


图 5　Al_2O_3 对 $\langle FeO\rangle/\langle FeO+MgO\rangle$ 图解

I. 橄榄质科马提岩区；II. 玄武质科马提岩区；III. 拉斑玄武岩区；I+II. 橄榄质科马提岩与玄武质科马提岩过渡区；II+III. 玄武质科马提岩与拉斑玄武岩过渡区。1. 国外拉斑玄武岩；2. 大陆拉斑玄武岩平均值；3. 大洋拉斑玄武岩平均值；4. 碱性橄榄玄武岩平均值；5. 国外玄武质科马提岩；6. 国外橄榄质科马提岩；7. 本区玄武质科马提岩；8. 本区橄榄质科马提岩；9. 本区拉斑玄武岩平均值。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　鞍本抚顺地区科马提岩岩石化学成

序号	编　号	岩　石　名　称	层　位	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	MnO
1	小 0-4	细粒单斜辉石岩	通什村组	48.38	1.23	9.52	2.34	10.06	12.73	0.27
2	小 0-3	斜长紫苏辉石岩	通什村组	48.02	1.66	13.87	2.11	11.96	9.65	0.262
3	ZK4-251	角闪石岩	通什村组	51.70	0.99	13.95	1.51	7.50	9.19	0.20
4	ZK791-19	单矿角闪石岩	通什村组	47.40	0.93	12.69	2.69	7.75	14.19	0.176
5	ZK-29	单矿角闪石岩	通什村组	47.39	0.51	10.39	4.04	10.56	12.99	0.308
6	ZK-X-3	单矿角闪石岩	通什村组	47.01	0.56	10.17	5.89	10.10	12.86	0.262
7	THg5	阳起石片岩	通什村组	49.30	0.44	10.42	2.24	10.14	17.02	0.174
8	THq26-2	黑云母化角闪岩	通什村组	48.82	0.89	11.66	4.21	8.35	10.55	0.148
9	Hg48	绿泥阳起片岩	通什村组	52.05	0.24	7.99	1.32	9.52	17.44	0.263
10	VIIIHg4	角闪石岩	通什村组	48.84	1.16	14.98	2.08	8.70	8.32	0.172
11	NW35-1	角闪石岩	通什村组	47.75	0.75	15.26	2.51	8.56	10.67	0.258
	Ara_1t	平均值		48.78	0.85	11.90	2.81	9.38	12.33	0.228
	Ara_1t	通什村组拉斑玄武岩(斜长角闪岩)	平均值	49.67	1.77	15.01	4.94	9.68	6.10	0.30
12	下 109	粗粒角闪石岩	山城子组	51.54	0.61	11.29	1.16	8.20	13.76	0.155
13	22	黑云母化细粒角闪石岩	山城子组	56.40	0.58	10.51	5.00	4.92	10.10	0.158
14	歪 107	蛇纹石滑石岩	山城子组	46.50	0.95	2.58	10.50	8.25	27.94	0.17
15	Y10	辉石橄榄蛇纹岩	山城子组	45.21	0.17	1.88	11.49	7.05	29.50	0.20
16	Y1151	辉石橄榄蛇纹岩	山城子组	42.37	0.23	2.36	11.14	8.00	32.51	0.27
17	P31	辉石橄榄蛇纹岩	山城子组	44.54	0.35	2.60	8.83	7.95	30.08	0.276
18	P32	辉石橄榄蛇纹岩	山城子组	45.74	0.37	2.70	2.62	8.51	34.46	0.26
19	Y21-2	蛇纹石化阳起石片岩	山城子组	40.73	0.20	2.99	8.30	8.05	24.01	0.22
20	I-3	单矿角闪石岩	山城子组	57.23	0.358	11.48	2.28	6.31	9.74	0.358
21	I-13	单矿角闪石岩	山城子组	51.14	0.61	7.25	1.53	10.85	15.14	0.254
22	160-19	单矿角闪石岩	山城子组	52.48	0.051	10.46	0.99	5.66	14.86	0.102
23	C25-1	单矿角闪石岩	山城子组	53.23	0.408	5.14	1.40	9.33	19.26	—
24	15-4	单矿角闪石岩	山城子组	52.03	0.798	9.59	2.11	9.62	11.41	—
25	张-136	单矿角闪石岩	山城子组	49.91	0.52	8.29	1.81	8.89	20.40	0.218
26	陈1800-2	蛇纹石化角闪岩	山城子组	54.36	0.26	13.01	1.88	7.28	10.77	0.177
27	陈 ZK9-15	滑石化角闪岩	山城子组	56.58	0.12	0.65	0.97	4.34	17.82	0.53
28	祁 105	角闪石岩	山城子组	53.33	0.23	5.75	2.35	8.92	18.80	0.345
29	祁-3	磁铁矿角闪石岩	山城子组	37.45	0.076	0.68	29.44	11.13	13.44	0.255
30	祁-9	含磁铁矿角闪石岩	山城子组	51.22	0.127	3.54	11.40	12.82	10.02	0.29
		橄榄质科马提岩	山城子组平均值	44.18	0.38	2.52	8.92	7.95	29.90	0.24
		玄武质科马提岩	山城子组平均值	51.26	0.35	7.40	5.04	7.52	15.03	0.25
		拉斑玄武岩(斜长角闪岩)	山城子组平均值	51.54	1.01	14.33	3.08	9.11	7.89	0.22
31	岩-4	角闪石岩	烟龙山组	53.82	0.47	9.56	1.70	7.55	12.72	0.153
32	II-60	细粒单矿角闪岩	烟龙山组	44.39	0.85	9.22	3.58	17.88	14.53	0.26
33	25-28	绿泥滑石片岩	烟龙山组	48.00	0.34	7.75	6.49	7.20	23.50	—
34	ZK42-562	角闪石岩	烟龙山组	48.83	0.42	13.25	2.87	8.97	12.89	0.23
35	ZK45-610	角闪石岩	烟龙山组	50.95	0.48	13.95	3.86	6.49	9.89	0.19
36	ZK46-469	角闪石岩	烟龙山组	53.85	0.86	9.88	4.18	10.99	9.54	0.28
37	W29	单矿角闪石岩(阳起石片岩)	烟龙山组	51.19	0.29	8.32	1.87	9.91	18.65	0.25
		平均值	烟龙山组	50.14	0.53	10.27	3.50	9.85	14.53	0.175
		拉斑玄武岩(斜长角闪岩)	烟龙山组平均值	51.52	1.07	14.31	3.73	9.71	7.26	0.22
		全区玄武质科马提岩	平均值	50.06	0.58	9.86	3.78	8.92	13.96	0.22
		全区科马提岩	平均值	49.45	0.54	8.54	4.61	8.87	16.03	0.25

* 3、6 据鞍钢 403 队；7—10 据辽宁省地质局抚顺地质大队；11. 据冶金部地质会战指挥部普查大队；12—14 公司研究室李国祥；其余为本文作者。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

分及参数*（去 H_2O、CO 后，重新计算）

CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	合 计	CaO/Al_2O_3	⟨FeO⟩	⟨FeO⟩ + MgO	⟨FeO⟩ / (⟨FeO⟩ + MgO)	$Na_2O + K_2O$	ΣACM	Al_2O_3	CaO	MgO	ΣFMN	F	M	N
14.21	0.43	0.46	0.09	99.72	1.49	12.40	25.13	0.49	0.90	36.46	26.11	38.97	34.92	26.03	47.64	48.90	3.46
10.90	0.898	0.23	0.18	99.74	0.79	14.07	23.72	0.59	1.13	34.42	40.30	31.67	28.03	24.85	56.62	38.83	4.55
11.21	2.20	1.43	0.071	99.95	0.80	8.86	18.05	0.49	3.63	34.35	40.61	32.63	26.75	21.66	40.86	42.39	6.74
10.94	0.74	1.96	0.21	99.68	0.86	10.44	24.63	0.42	2.72	37.82	33.55	28.93	37.52	27.36	38.16	51.86	9.98
11.40	1.02	0.58	0.267	99.46	1.11	14.60	27.59	0.53	1.61	34.86	29.81	32.93	37.26	29.20	50.00	44.49	5.51
10.65	1.16	0.63	0.06	99.35	1.05	15.99	28.85	0.55	1.79	33.68	30.20	31.62	38.80	30.64	52.19	41.97	5.84
8.76	0.84	0.34	0.058	99.73	0.84	12.38	29.40	0.42	1.19	36.20	28.78	24.20	47.02	30.59	40.47	55.64	3.89
10.45	2.34	1.62	0.886	99.92	0.90	12.14	22.69	0.53	3.96	32.66	35.70	32.00	32.30	26.38	46.02	39.90	15.01
9.99	0.58	0.39	0.068	99.85	1.25	10.84	28.28	0.38	0.98	35.42	22.56	28.20	49.24	29.26	37.05	59.60	3.35
11.79	2.85	0.769	0.086	99.75	0.79	10.81	19.13	0.57	3.62	35.09	42.69	23.71	33.60	22.75	41.52	36.51	15.91
12.35	1.09	0.70	0.098	100.00	0.81	10.82	21.49	0.50	1.79	38.28	38.87	32.86	29.87	23.28	46.48	45.83	7.69
11.16	1.29	0.83	0.188	99.75	0.94	11.91	24.24	0.49	2.12	35.39	33.63	31.53	34.84	26.36	45.18	46.78	8.04
8.59	2.86	0.93	0.16	100.01	0.57	14.13	20.23	0.70	3.79	29.70	50.54	28.92	20.54	24.02	58.83	25.40	15.77
9.67	2.04	0.97	0.57	99.97	0.86	9.24	23.00	0.40	3.02	34.72	32.52	27.85	39.63	26.02	35.51	52.88	11.61
8.42	0.96	2.48	0.36	99.89	0.80	9.42	19.52	0.48	3.44	27.03	36.20	27.00	34.80	22.96	41.02	43.90	14.98
2.27	0.087	0.75	0.118	100.12	0.88	17.68	45.62	0.39	0.84	32.79	7.87	6.92	85.21	46.46	38.05	60.14	1.81
3.38	0.96	0.129		99.97	1.80	17.39	46.09	0.37	1.10	34.76	5.41	9.72	84.87	47.99	36.24	61.47	2.29
2.72	0.236	0.18		99.79	1.15	18.05	50.54	0.36	0.42	37.59	6.28	7.23	86.49	50.96	35.38	63.80	0.82
3.45	1.26	0.63		99.97	1.33	15.89	45.97	0.35	1.90	36.13	7.20	9.55	83.25	47.87	33.19	62.64	3.97
3.78	1.34	0.19		99.97	1.40	10.86	45.32	0.24	1.54	40.94	6.6	9.23	84.17	46.86	23.18	73.54	3.28
13.41	1.06	0.10		99.07	4.49	15.52	40.48	0.38	1.16	41.31	7.24	32.46	60.30	41.59	37.32	59.89	2.79
9.74	1.60	0.60	0.041	99.74	0.85	8.59	18.33	0.47	2.21	30.96	37.08	31.46	31.46	20.54	41.82	47.42	10.76
12.05	0.855	0.073	0.427	100.18	1.70	12.38	27.52	0.45	0.93	34.44	21.05	34.99	43.96	28.45	43.51	53.22	3.27
13.81	1.126	0.373	0.041	99.95	1.30	6.65	21.51	0.31	1.44	39.13	26.73	35.29	37.98	22.95	28.97	64.75	6.28
10.48	0.489	0.061	0.046	99.84	2.00	10.73	29.99	0.36	0.55	34.88	14.74	30.04	55.22	30.54	35.13	63.07	1.80
11.51	1.62	1.17	0.107	99.97	1.29	11.52	32.54	0.35	2.79	32.51	29.49	35.09	35.40	25.72	44.79	44.36	10.84
9.34	0.246	0.014	0.156	99.79	1.13	10.70	31.10	0.34	0.26	38.03	21.80	24.56	53.64	31.36	34.12	65.05	0.83
11.30	1.92	0.58	0.104	101.64	0.87	8.83	19.43	0.45	2.47	34.51	37.09	30.72	32.19	21.90	40.32	48.40	11.23
14.82	0.21	0.85	0.06	96.95	4.06	5.22	23.04	0.23	1.07	36.30	10.08	40.83	49.09	24.11	21.65	73.91	4.44
9.41	0.40	0.156	0.51	100.2	1.64	11.04	29.85	0.37	0.57	33.97	16.93	27.70	55.37	30.42	36.29	61.83	1.88
7.00	0.251	0.071	0.346	100.14	10.23	37.62	51.06	0.73	0.32	21.11	3.22	33.16	63.62	51.38	73.22	26.16	0.62
10.00	0.33	0.14	0.08	99.97	2.81	23.06	33.1	0.69	0.47	23.56	15.03	42.44	42.53	33.57	68.75	29.85	1.4
4.84	0.78	0.33	0.118	100.16	1.92	15.98	45.88	0.35	1.11	37.26	6.76	12.99	80.25	46.99	34.01	63.63	2.36
10.78	0.86	0.60	0.219	99.31	1.46	12.06	27.09	0.45	1.46	33.21	22.28	32.46	45.26	28.55	42.24	52.64	5.12
9.30	2.74	0.69	0.09	100	0.65	11.88	19.77	0.60	3.43	31.52	45.46	29.50	25.04	23.20	51.21	34.01	14.78
12.00	0.81	1.17	0.265	100.22	1.26	9.08	21.80	0.42	1.97	34.28	27.89	35.00	37.11	23.79	38.17	53.47	8.36
8.32	0.80	0.12	0.014	99.96	0.90	21.10	35.63	0.59	0.93	32.07	28.75	23.94	45.31	36.56	57.71	39.74	2.55
6.54	0.062	0.041	0.054	99.98	0.84	13.04	36.54	0.36	0.10	37.97	20.51	17.30	62.19	36.64	35.59	64.14	0.27
10.65	1.46	0.038	0.021	99.63	0.81	11.55	24.44	0.47	1.85	36.79	36.01	35.04	28.95	26.29	43.93	28.95	7.04
11.68	1.83	0.63	0.03	99.98	0.84	9.96	19.85	0.50	2.47	35.52	39.27	32.88	27.85	22.32	44.62	44.31	11.07
9.20	0.88	0.25	0.052	99.96	0.93	14.75	24.29	0.61	1.14	28.62	34.53	32.15	33.33	25.43	58.00	37.52	4.48
8.48	0.42	0.23	0.04	99.65	1.00	11.59	30.24	0.38	0.65	35.45	23.47	23.92	52.61	30.89	37.52	60.37	2.1
9.55	0.90	0.35	0.07	99.87	0.93	13.00	27.53	0.47	1.25	34.35	29.90	27.80	42.30	28.78	45.17	50.48	4.35
8.55	2.64	0.91	0.09	100.01	0.60	13.70	20.33	0.67	3.55	30.12	47.51	28.39	24.10	24.51	55.90	29.62	14.48
10.50	1.20	0.59	0.16	99.83	1.06	12.32	26.28	0.47	1.79	34.32	28.72	30.60	40.68	28.07	43.87	49.73	6.38
9.60	1.04	0.57	0.17	99.67	1.12	13.02	29.05	0.45	1.61	34.17	24.99	28.11	46.90	30.66	42.47	52.28	5.25

23、24、28、33，据天津地质调查研究所王守伦；15—19，据鞍钢 401 队；34—36，据鞍钢 402 队；37.据鞍地质勘探

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(1) CaO/Al_2O_3 二者的分界区间比值为 0.75—0.76，科马提岩 ≥ 0.76，拉斑玄武岩 < 0.76。

(2) Al_2O_3 科马提岩一般 ≤12.5%，少数 ≤15.5%，拉斑玄武岩普遍 >12.5%。

(3) MgO 科马提岩普遍 ≥8%，拉斑玄武岩小于 8%，最大不超过 12.5%。

(4) K_2O 科马提岩普遍 <0.9%，多数小于 0.5%，个别大于 1% 者，由于后期黑云母化影响所致。大洋拉斑玄武岩的 K_2O 也很低，其平均值仅 0.24%，大陆拉斑玄武岩和碱性橄榄玄武岩的 K_2O 含量较高 >1%，但 CaO/Al_2O_3 比值 <0.76。

科马提岩的 MgO + 〈FeO〉 普遍大于 19%，有的高达 50% 以上，属超镁铁质岩，拉斑玄武岩的 MgO + 〈FeO〉 一般为 15—19%，属镁铁质岩。鉴别橄榄质科马提岩与超基性岩的主要岩石化学参数为 CaO/Al_2O_3，前者 >0.75，一般都 >1%，后者 <0.75%。

科马提岩根据 MgO 的含量，进一步分类如下：

MgO (%)	亚 类
≥25	橄榄质科马提岩
25—8	玄武质科马提岩
25—20	格卢克型 (Geluk)
20—15	巴德普拉斯型 (Badplass)
15—8	巴伯顿型 (Barberton)

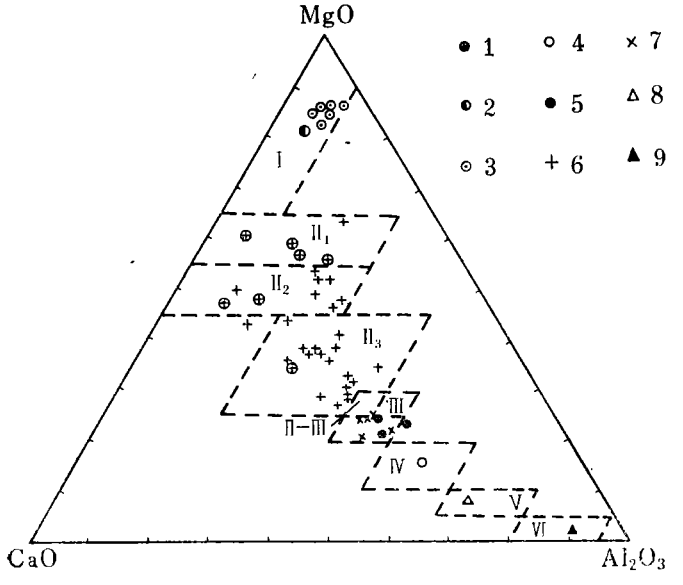


图 6 MgO-CaO-Al_2O_3 图解

I. 橄榄质科马提岩区； II. 玄武质科马提岩区； II_1. 格鲁克型亚区； II_2. 巴德卜拉斯型亚区； II_3. 巴伯顿型亚区； III. 玄武岩区； II-III. 过渡区； IV. 安山岩区； V. 英安岩区； VI. 流纹岩区。

1. 国外典型橄榄质科马提岩； 2. 本区橄榄质科马提岩； 3. 国外典型玄武质科马提岩； 4. 本区玄武质科马提岩； 5. 本区拉斑玄武岩； 6. 玄武岩； 7. 安山岩； 8. 英安岩； 9. 流纹岩。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　科马提岩岩石化学成分对比表*

序号	岩石名称	产地	化学成分重量 (%)											
			SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	CaO/Al_2O_3
1	橄榄质科马提岩	南非(阿扎尼亚)巴伯顿	46.43	0.34	3.10	6.88	4.85	0.18	33.87	4.77	0.16	0.03	0.02		1.58[11]
2	玄武质科马提岩(巴伯顿型)	南非(阿扎尼亚)巴伯顿	53.93	0.86	10.05	1.25	9.92	0.25	10.33	10.21	2.71	0.43			1.02[11]
3	玄武质科马提岩(巴伯顿型)	南非(阿扎尼亚)巴伯顿	53.16	0.57	5.51	0.99	9.04	0.223	15.52	13.06	1.23	0.09	0.57		2.37[11]
4	高铝玄武质科马提岩(格鲁克型)	南非(阿扎尼亚)巴伯顿	50.83	0.49	7.19	1.26	8.67	0.20	21.88	8.91	0.41	0.064			1.23[11]
5	低铝玄武质科马提岩(格鲁克型)	南非(阿扎尼亚)巴伯顿	51.97	0.45	3.97	12.46		0.179	21.16	10.04	0.20	0.024			2.53[11]
6	玄武质科马提岩	加拿大安大略瓦瓦火山岩带	48.85	1.14	7.55	2.02	11.09	0.02	16.73	11.43	0.81	0.07	0.30		1.51[7]
7	科马提岩	印度科拉尔金矿区	46.89	0.65	9.84	1.35	11.30	0.20	21.29	7.42	0.83	0.20			0.75[12]
8	玄武质科马提岩	印度帕拉瓦纳姆	46.76	1.22	6.94	3.92	12.33	0.22	19.99	8.30	0.17	0.015			1.20[12]
9	科马提岩	澳大利亚西部蒙格山	50.40	0.50	10.00		10.00	0.18	16.60	9.00	1.80	0.09			0.90[4]
10	科马提岩	阿拉斯加侏罗纪枕状碱性玄武岩	49.33	0.72	10.81	3.09	5.33	0.19	12.25	11.01	2.47	1.33	0.28		1.02[5]
11	玄武岩	世界平均值	50.83	2.03	14.07	2.88	9.05	0.18	6.34	10.42	2.23	0.82	0.23		0.74[10]
12	大洋拉斑玄武岩	161 个平均值	49.30	1.80	15.20	2.40	8.00	0.17	8.30	10.80	2.60	0.34	0.21		0.71[8]
13	大陆拉斑玄武岩	144 个平均值	50.70	2.00	14.40	3.20	9.80	0.2	6.20	9.40	2.60	1.00			0.65[8]
14	碱性橄榄玄武岩	199 个平均值	47.10	2.70	15.30	4.30	8.30	0.17	7.00	9.00	3.40	1.20	0.41		0.59[8]
15	橄榄岩	高温侵入体平均值	44.52	0.15	2.75	1.74	6.74	0.04	40.98	2.26	0.24	0.70			0.82[10]
16	安山岩	地壳平均值	54.80	1.31	17.17	3.48	5.49	0.15	4.36	7.92	3.67	1.11	0.28	0.86	0.46[10]
17	英安岩	地壳平均值	63.58	0.64	16.67	2.24	3.00	0.11	2.12	5.53	3.98	1.40	0.17	0.56	0.33[10]
18	流纹岩	地壳平均值	73.66	0.22	13.45	1.25	0.75	0.03	0.32	1.13	2.99	5.35	0.07	0.78	0.084[10]
19	月岩	阿波罗-11(静海)	49.96	2.46	13.17	—	12.79	—	9.84	12.15	0.66	0.17			0.92[10]

* 除 16—18 外，其余均为剔除 H_2O 后重新计算的重量百分比。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作者用上述划分标准来鉴别和研究本区的科马提岩。本区 37 个样品扣除 H_2O^+ 和 CO_2 后重新计算结果列于表 1。从表 1 看出本区科马提岩的岩石化学参数如下：

SiO_2 42.37—57.23%	平均 49.45%
MgO 8.32—34.06%	平均 16.03%
CaO/Al_2O_3 0.79—4.49%	平均 1.12%
TiO_2 0.12—1.66%	平均 0.54%
K_2O 0.038—1.17%	平均 0.57%

将上述岩石化学参数投到 Al_2O_3 对 $\langle FeO\rangle/\langle FeO\rangle + MgO$ 图解(图 5)及 $MgO-CaO-Al_2O_3$ 三角形图解(图 6)中，结果与国外典型的科马提岩是一致的(表 1，2，3)。本区的拉斑玄武岩与国外的拉斑玄武岩在岩石化学特征方面也是一致的。

本区科马提岩以玄武质科马提岩为主，占总数的 86.5%，橄榄质科马提岩较少，占 13.5%。玄武质科马提岩其中以巴伯顿型为主，占 59.5%，巴德卜拉斯型次之，占 18.9%，格鲁克型最少，占 8.1%。

科马提岩主要产在下鞍山群，山城子组占 51.4%，通什村组占 29.7%，中鞍山群烟龙

表 3 鞍本抚顺地区科马提岩主要岩石化学参数特征

层 位	类 别	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	MgO	K_2O	CaO/Al_2O_3
中鞍山群烟龙山组	玄武质科马提岩	50.14	0.53	10.27	14.53	0.35	0.93
下鞍山群山城子组	玄武质科马提岩	51.26	0.35	7.40	15.03	0.60	1.46
	橄榄质科马提岩	44.87	0.41	2.42	30.90	0.38	1.29
通什村组	玄武质科马提岩	48.78	0.85	11.90	12.33	0.83	0.94
全区玄武质科马提岩		50.06	0.58	9.86	13.96	0.59	1.06
南非(阿扎尼亚)巴伯顿型科马提岩		53.93	0.86	10.05	10.33	0.47	1.02

表 4 鞍本抚顺地区科马提岩类型分配情况

样品个数 / 地层层位 / 科马提岩类型		下鞍山群 通什村组	下鞍山群 山城子组	中鞍山群 烟龙山组	百分数(%)
玄武质科马提岩	巴伯顿型	9	8	5	59.5
	巴德卜拉斯型	2	4	1	18.9
	格鲁克型		2	1	8.1
橄榄质科马提岩			5		13.5
百分数(%)		29.7	51.4	18.9	100

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

山组占 18.9%（表 4）。

四、科马提岩的地球化学特征

本区科马提岩的地球化学特征同国外太古代绿岩带底部的科马提岩地球化学特征是一致的。科马提岩与类似的拉斑玄武岩不仅在岩石化学成分方面有显著差别，而且在微量元素组合和含量方面也有显著不同。例如澳大利亚雅科宾丁（Yakobindie）绿岩带中科马提岩的 Cr、Ni 含量大大高于拉斑玄武岩，前者 Cr 平均 417ppm，Ni 146ppm，后者 Cr 138ppm，Ni76ppm，二者相差 2—3 倍[9]。

本区绿岩带底部科马提岩与拉斑玄武岩在微量元素的组合和含量方面同样存在显著的不同（表 5），科马提岩中 Cr 含量为 900—1770ppm，平均 1230ppm，Ni 含量 560—1270 ppm，平均 844ppm。而拉斑玄武岩中 Cr 的含量仅 254—264ppm，平均 259ppm，Ni 含量 71—102 ppm，平均 86ppm，二者相差可达 6—17 倍（图 7），科马提岩的 Ti，Sr/Ba 低于拉斑玄武岩（图 8）。

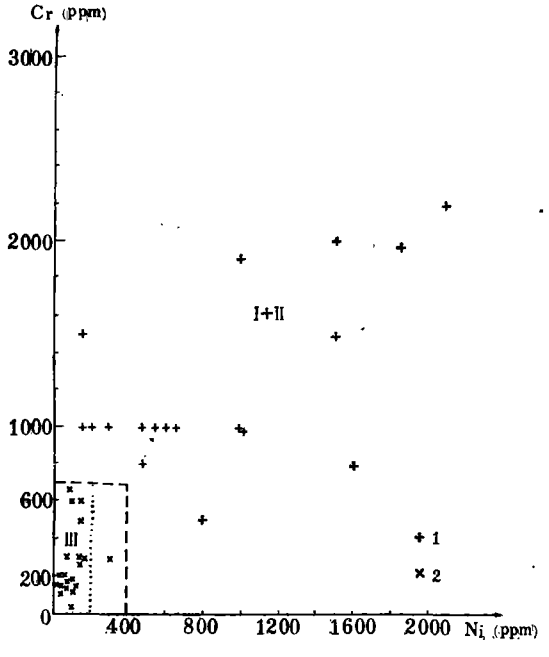


图 7　Cr-Ni 图解

I + II. 科马提岩区；III. 拉斑玄武岩区。
1. 本区科马提岩；　2. 本区拉斑玄武岩。

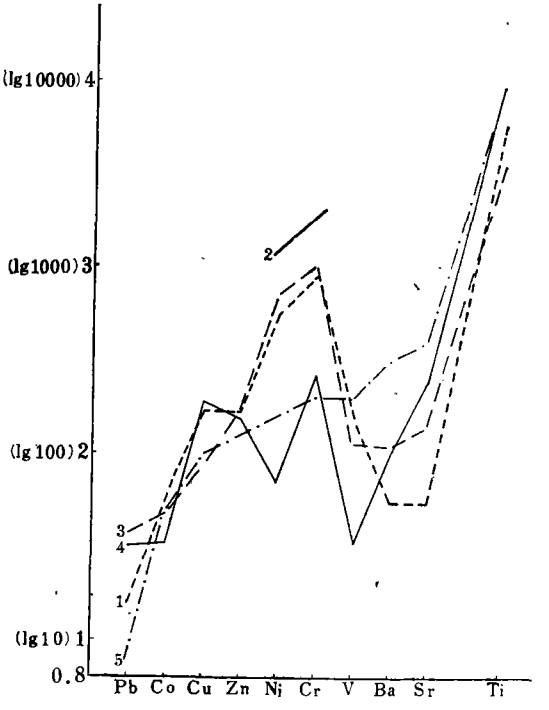


图 8　科马提岩微量元素丰度

1. 中鞍山群玄武质科马提岩平均值；
2. 下鞍山群橄榄质科马提岩平均值；
3. 下鞍山群玄武质科马提岩平均值；
4. 鞍山群拉斑玄武岩平均值；
5. 地壳玄武岩丰度。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 5 鞍本抚顺地区科马提岩组合微量元素对比 (ppm)

序号	岩石名称	层位	Cr	Ni	Co	V	Ti	Cu	Pb	Zn	Sr	Ba
1	橄榄质科马提岩	下鞍山群	1770	1270	293							
2	玄武质科马提岩	下鞍山群	1021	702	48	114	5130	88	38	173	142	110
3	拉斑玄武岩	下鞍山群	254	102	35	241	10420	221	25	147	207	99
4	玄武质科马提岩	中鞍山群	900	560	60	160	5650	170	15	165	55	55
5	拉斑玄武岩	中鞍山群	264	94	34	228	8319	161	43	166	200	100
6	玄武岩	世界平均值	200	160	45	200	90000	100	8	130	440	300

五、科马提岩的岩石组合

本区科马提岩主要产在绿岩带的底部，与拉斑玄武岩呈互层，拉斑玄武岩局部保留有残余火山岩组构，岩石普遍含钾低 $K_2O < 0.3\%$，与大洋拉斑玄武岩化学成分一致。用岩石化学方法恢复其原岩组合为超镁铁质-镁铁质火山组合，属古海沟区优地槽范围的海底火山岩组合。

六、鞍本抚顺地区科马提岩的研究意义

在鞍本抚顺地区下鞍山群地层中发现科马提岩组合对于该地区太古代绿岩带的研究和太古代地质的研究大体有以下几方面的意义：

1. 本区太古代下鞍山群地层中科马提岩-拉斑玄武岩组合的存在，从原岩组合和岩性特征方面确定了本区是太古代绿岩带，并说明太古代绿岩带在全球具有普遍的一致性。

2. 本区太古代绿岩带下部超镁铁质-镁铁质火山岩组合的存在，对本区鞍山群地层的划分研究提供比较可靠的依据。本区鞍山群地层的划分，以往由于缺乏公认的可靠的标志层，致使地层划分比较混乱，给地质研究、普查找矿工作带来不少的困难。按照绿岩带观点，山城子组科马提岩-拉斑玄武岩组合可作为标志层。其变质岩为单矿角闪岩与斜长角闪岩互层，岩性简单、分布广、厚度大。以它作为标志层可使本区鞍山群地层分层意见逐渐趋于一致。

3. 科马提岩组合的存在，可以对研究太古代绿岩带的古构造提供有力证据，并为研究古板块构造提供主要依据[1]。

4. 科马提岩组合的存在有利于在本区找矿工作中运用绿岩带的理论和方法，总结成矿规律，指导成矿预测工作的进行。例如绿岩带的下部以铜、金为主，中上部以铁矿为主。科马提岩的厚度和发育程度与铁矿有密切的关系，沿辽阳绿岩盆地的周围铁矿类型分布有一定的规律性，从西南到东北部，科马提岩由厚变薄，铁矿类型由特大型变为大中型。并说明本区磁铁石英岩的形成与海底火山喷发作用有关。科马提岩来源于地壳深部，是上地幔的产物。科马提岩的发育程度可作为寻找大型铁矿的标志层，综合其他地质条件，

1) 徐光荣、陈洪江，鞍本太古代绿岩带鞍山群古火岩的成因岩学研究(1981)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

在辽阳绿岩盆地的边缘和内部可能找出一些大型铁矿。并应注意绿岩金矿的找矿工作。

5. 在基础地质方面有助于对本区地壳早期演化和岩浆活动规律的研究[6]。本区从早期到晚期，岩浆由基性超基性向中酸性演化。本区太古代为一岛弧海沟系统，可能是古板块的缝合线。

本文得到张贻侠教授、朱奉三工程师、长春地质学院、吉林省冶金地质勘探公司研究所、鞍山地质勘探公司等的大力帮助，谨此致谢意。

参　考　文　献

[1] 黄婉康，地质地球化学，12(1979)，71—72。
[2] 张贻侠，长春地质学院学报，1(1980)，9—22。
[3] Arndt, N. A., Jour. Petrol., 18(1977). 319.
[4] Brooks, C. & Woot, S. R., Geolgy, 2(1974), 107—110.
[5] Gale, G. H., Earth & Planetary Science Letters, 18(1973), 22—28.
[6] Glikson, A. Y., Tectonophys, 9 (1970), 397.
[7] Green, J. C., Canadian Jour. of Earth Science, 14 (1977), 2181—2192.
[8] Naldrett, A. J., American Institute of Mining. Mettallurgical & Petroleum Enginers Transactions, 260, 1975. 13—15.
[9] Naldrett, A. J. & Turner, F. J., Precambrian Research, 5, (1977), 1.
[10] Viljoen, R. P. & Viljoen, M. J., Geol. Soc. Aust. Spec. Pub., 3(1971), 123—149.
[11] Viljoen, M. J. & Viljoen, R. P., Geol. Soc. So. Africa Spec. Pub. 2(1969), 55—85.
[12] Viswanathan, S, Jour. of the Geological Society of India, 15, (1974), 4.

A PRELIMINARY STUDY OF KOMATIITES IN ANSHAN-BENXI-FUSUN REGION, NORTHEAST CHINA

Xu Guangrong　Chen Hongjiang

(Changchun Geological School, the Ministry of Metallurgical Industry, the People's Republic of China)

Abstract

Komatiites have been discovered for the first time in the Lower Anshan Group with a metamorphic grade from amphibolite to granulite facies. Komatiites occur as bedded ultramafic volcanic rocks on the ocean-floor. The komatiites in the Anshan-Benxi-Fusun Region occurring in the metamorphic rocks are some monomineralic rocks such as hornblendite, monoclinic augitite and hypersthenite. Local komatiites are found retaining some typical pre-existing structures and textures of volcanic rocks, such as blastophitic texture and blastospinifex. The chemical composition of komatiites in this region is much similar to that of other well-known model komatiites in the world, and so are their geochemical characteristics.

The occurrence of komatiites in the Anshan-Benxi-Fusun Region provide strong evidence to show that this region is an Archean greenstone belt. Studies on komatiites in this region will shed much light on the stratigraphic division of the Anshan Group and the paleostructure of the greenstone belt as well as on the rules governing metallogenesis in the Anshan-Benxi-Fusun Region.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net