

辽西太古宙 地质与金矿

林宝钦
王时麒

崔文元
沈而述

著

地质出版社

辽西太古宙地质与金矿

林宝钦 崔文元 王时麒 沈而述 著

地震出版社

内 容 简 介

本书研究了辽西地区的太古宙地质,划分了高级变质区和花岗岩-绿岩带,全面阐述了变质岩系的岩石学、岩石化学和地球化学特征,对各类深度变质岩进行了原岩恢复和同位素年龄的测定,论证了变质作用的 $P-T-t$ 轨迹,系统总结了主要变质矿物的标型特征及其与变质作用的关系。运用叠加褶皱和韧性变形的概念,阐述了太古宙时期的变形历史,厘定了该区的构造格架。综合宏观和微观的大量信息,总结了本区金矿床的地质和地球化学特征,深入探讨了成矿物质的来源,详细分析了本区金矿床的成因和控矿因素,建立了成矿模式,指出了进一步扩大找矿的有利地区。

本书是反映当前研究我国前寒武纪地质和金矿的重要研究成果,可供从事这一领域的生产、科研和教学部门的地质工作者参考使用。

辽西太古宙地质与金矿

林宝钦 崔文元 王时麒 沈而述 著

责任编辑:李洪杰 宋炳忠

责任校对:张晓梅

地质出版社出版发行

北京民族学院南路9号

中国地质大学轻印刷厂印刷

787×1092 1/16 8.5印张 217千字

1997年10月第一版 1997年10月第一次印刷

印数 0001—1000

ISBN 7-5028-1417-5/P·881

(1908) 定价:12.00元

前 言

太古宙(>25 亿年)早期大陆地壳演化历史很长,分布面积及占有体积巨大,金、铁、铜、镍、铅、锌、石墨、云母等金属和非金属矿产资源丰富,对其进行研究无论在理论上还是在找矿实践上都具有重大意义。近十多年来,太古宙地质成为国际地球科学研究的热点课题之一,并在早期地壳性质、下地壳特征、深变质作用和成矿作用等方面取得了许多突破性进展。我国近些年来也加大了对太古宙地质的研究力度,对太古宙分布集中的华北地台进行了较为全面系统的工作,取得了一系列重要研究成果,深化了对早期大陆地壳演化的认识。

我国辽宁西部地区(包括建平、朝阳、贝子府、北票和阜新北部一带)广泛出露太古宙变质杂岩,并有众多的金矿床分布,开采历史悠久,但基础地质工作比较薄弱,研究程度较低。为提高对该区太古宙的研究程度,促进地质找矿工作,特别是金矿的勘查,近年来,沈阳地质矿产研究所和北京大学地质系联合对该区进行了系统深入的研究工作,取得了一些新的认识和成果。在大量室内外研究工作基础上,首次将本区太古宙划分为高级区和花岗-绿岩区;高级区建立了“建平杂岩”,花岗-绿岩区建立了大营子群,并对两类地质单元的岩性、岩相、构造等发育特征进行了全面阐述。在一系列宏观和微观研究资料的基础上,阐明了金矿的成因和控矿条件,建立了金矿成矿模式,指出了进一步找矿方向。特别需要指出的是,本次研究在变质作用方面有突破性的进展,确定了麻粒岩相的存在,测定了麻粒岩相和角闪岩相变质作用的温度压力条件,确定了麻粒岩相变质作用 P - T - t 演化轨迹呈反时针型,使该领域的研究与目前国际研究进展同步。

本书前言、结论和第二章由林宝钦执笔,第一章由林宝钦、崔文元执笔,第三章由崔文元执笔,第四章由沈而述执笔,第五章由王时麒执笔,全文最后由林宝钦统编。

本书由科研报告改写而成,秦鼎研究员、胡维兴研究员、程玉明高工、王启超高工和黄福生教授等审阅了全文,提出了许多宝贵意见,在此深表感谢。

目 录

第一章 太古宙高级区	(1)
第一节 地层和同位素地质年代测定	(1)
第二节 变质岩	(5)
第三节 变质岩的地球化学特征	(16)
第四节 变质岩的成因	(27)
第五节 高级区绿岩带及其有关问题讨论	(28)
第二章 花岗岩-绿岩区	(32)
第一节 变质岩	(32)
第二节 花岗岩-绿岩建造组合	(39)
第三节 高级区与花岗岩-绿岩区关系	(41)
第四节 问题讨论	(42)
第三章 变质作用	(44)
第一节 变质相	(44)
第二节 变质岩的主要造岩矿物及其与变质作用的关系	(47)
第三节 变质作用的 $P-T$ 条件	(69)
第四节 变质相系	(80)
第四章 变质岩构造	(83)
第一节 三期褶皱构造	(83)
第二节 剪切变形带	(89)
第三节 关于辽西变质岩构造演化的讨论	(93)
第五章 金矿床	(95)
第一节 金矿床地质特征	(95)
第二节 成矿作用地球化学研究	(108)
第三节 金矿床的控矿因素	(119)
第四节 成矿模式与成矿预测	(124)
结 论	(128)

CONTENTS

Chapter 1	Archaean high-grade region	(1)
Section 1	Stratigraphy and isotopic geochronology	(1)
Section 2	Metamorphic rocks	(5)
Section 3	Geochemistry of metamorphic rocks	(16)
Section 4	Genesis of metamorphic rocks	(27)
Section 5	Discussions on the greenstone belt and questions concerned in the high-grade region	(28)
Chapter 2	Granite-greenstone belt	(32)
Section 1	Metamorphic rocks	(32)
Section 2	Formation of granite-greenstone belt	(39)
Section 3	Relationship between high and low-grade terrains	(41)
Section 4	Discussions	(42)
Chapter 3	Metamorphism	(44)
Section 1	Metamorphic facies	(44)
Section 2	Main rock-forming minerals of metamorphic rocks and its relation with metamorphism	(47)
Section 3	<i>P-T</i> conditions of metamorphism	(69)
Section 4	Metamorphic facies series	(80)
Chapter 4	Metamorphic tectonics	(83)
Section 1	The folds of three episodes	(83)
Section 2	Shear zones	(89)
Section 3	Discussions on metamorphic tectonics	(93)
Chapter 5	Gold deposits	(95)
Section 1	Geological characteristics	(95)
Section 2	Geochemistry of mineralization	(108)
Section 3	The control factors of gold deposits	(119)
Section 4	Metallogenic model and prognosis	(124)
Conclusions		(128)

第一章 太古宙高级区

本章重点讨论具有高级区特征的建平杂岩,在建平、朝阳、内蒙贝子府、北票与阜新北部一带出露的太古宙变质杂岩,由上壳岩和侵入岩组成。上壳岩呈残留体和包体产出,主要岩石类型有磁铁石英岩、斜长角闪岩和黑云二长片麻岩,可能包括辉石岩。侵入岩有 TTG 岩石(奥长花岗岩-英云闪长岩-花岗闪长岩)和花岗伟晶岩。它们的变质程度已达到麻粒岩相。这与在中非、北非、格陵兰与前苏联等国出露的高级区岩石组合类似。杂岩体划归太古宙高级区。

第一节 地层和同位素地质年代测定

一、太古宙地层

建平杂岩体按其岩石组合可划分为两种类型。

①片麻岩+斜长角闪辉石岩+麻粒岩+磁铁石英岩组合,分布于努鲁儿虎山隆起东南部,其范围是朱力科—建平—凌源一带。相当于建平幅及朝阳幅的小塔子沟组。

②斜长角闪(辉石)岩+片麻岩+磁铁石英岩组合,偶见麻粒岩,分布于努鲁儿虎山隆起北部贝子府,朝阳小塔子沟和北票小巴沟一带。

构造分析、野外综合地质研究以及室内工作表明,以上两个岩石组合类型,按原岩类型均可概括为上壳岩和侵入岩。上壳岩包括磁铁石英岩、斜长角闪岩和黑云二长片麻岩等。侵入岩包括不同期次侵入的 TTG 岩石。后者约占变质岩出露面积的 60% 以上。有的上壳岩呈孤零的捕虏体形式存在。

根据构造研究,在晚期剪切变形所代表的浅层次构造形成之前,至少可划分出反应较深层次下的三期褶皱变形作用。其中分布普遍、近直立产出的近东西向片麻理 S_2 是第二期被动剪切褶皱的轴面理构造,主要由愈合了的剪切面 S_2 、变质分集条带和沿置换面理注入伟晶质条带构成。过去所测算的“小塔子沟组”地层厚度达万米以上,是把 S_2 片理误作为“单斜层层理”逐层累计计算出来的。

根据上述理由,把原建平群小塔子沟组改名为建平变质杂岩。

二、同位素地质年代测定

目前,在太古宙地质研究中,同位素地质年代学已成为不可缺少的重要组成部分,它可以确定地层时代和厘定地质事件的确切年龄。而本区这方面工作几乎是空白。迄今所能看到的有关资料只有辽宁省区调队在进行 1:20 万建平幅区调时,在建平原小塔子沟组及建平县曹家烧锅的原大营子组中分别获得 2258Ma 和 2239Ma 的两个锆石 U-Pb 法的模式年龄。以往在本区把变质岩划归为太古宙主要是根据岩石组合及变质程度并与其他地区对比确定的。

为解决本区变质岩系时代归属和地壳演化问题,我们用微量锆石法、单颗粒锆石蒸发法

和 Sm-Nd 法测得了一批同位素年龄数据。

1. 微量锆石法

8D182 样品取样点位于努鲁儿虎隆起北部贝子府乡的大坝村北沟, 为角闪黑云斜长片麻岩。岩石呈脉状和不规则状切割斜长角闪岩, 并含有围岩包体。岩石中锆石呈淡玫瑰色, 柱状, 晶面有明显的溶蚀现象, 锥面具明显的溶蚀坑并浑圆化, 有的已被溶蚀为浑圆状, 这些都表明它们遭受过强烈的改造。

U-Pb 同位素数据是在 VG-354 型质谱计上测定的。四个点在一致线图解上均匀分布在上交点附近, 相关系数 $R=0.9971$, 上交点年龄 $t_1=(2481\pm14)$ Ma (崔文元等, 1991)。

2. 单颗粒锆石蒸发法

用热离子发射质谱计直接测定单晶颗粒锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄。

U-Pb 法是经典的地质年龄测定方法, 近年来随着人们对前寒武纪地壳演化和地球形成等一系列重大理论问题的深入研究, 锆石 U-Pb 法在技术方法上得到了突飞猛进的发展。另外, 锆石矿物学研究表明, 在许多情况下从一块太古宇岩石标本中, 特别是经高级变质的岩石, 分选出的锆石往往由不同时代、不同成因的群组所组成, 其中某些锆石晶体由老的核与新的外壳构成, 其两者 U-Pb 体系也不同。因此, 分析单晶颗粒锆石晶体, 甚至晶体微区的 U-Pb 同位素体系提到日程上来了。

Kober (1986) 建立了直接测定单颗粒锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄的新方法。该方法是用热离子质谱计、双带源分层蒸发锆石, 并将蒸发物附着到电离带上以测定 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄值。用此法获得的年龄与用常规锆石 U-Pb 一致线方法获得的年龄结果相吻合 (刘敦一等, 1988; Kober, 1986)。

1) 测试样品的产状和特征

所测试的样品均采于建平变质杂岩中。上壳岩测定的样品有磁铁石英岩 (Ji6, Ji7) 和黑云二长片麻岩 (Ji33)。根据构造变形研究, 变质杂岩在晚期剪切变形带所代表的浅层构造变形之前, 至少可划分出三期褶皱构造, 反映在较深层次下的三期褶皱变形作用。在上述上壳岩层中可见有代表第一期褶皱轴面的 S_1 面理残余, 表明上述上壳岩是研究区的最老岩石。

测定的原岩 TTG1 岩石样品有英云闪长质 (或角闪斜长) 片麻岩 (Ji37, Ji9) 和二辉斜长麻粒岩 (Ji1, Ji11, Ji38)。这类岩石普遍有近直立产出的近东西走向片麻理 (S_2), 它是第二期被动剪切褶皱轴面面理构造。这些岩体经第二期褶皱变形作用生成的片麻理与区域上的 S_2 完全一致, 但找不到 S_1 面理, 而其中一些上壳岩捕虏体则易找到 S_1 面理。表明这些岩石是在第一期褶皱变形后侵入的。

测定的原岩 TTG2 岩石样品是块状二辉斜长麻粒岩 (Ji20)。野外呈小岩枝状或脉状, 中-细粒变晶结构, 坚硬致密的块状, 侵入于 TTG1 岩石和上壳岩中。

测定的紫苏花岗岩样品有 Ji2 和 Ji12, 呈不规则形状和脉状侵入于原岩为 TTG1-TTG2 和上壳岩中。

测定的 TTG3 奥长花岗岩样品是 Ji17。这类岩石呈脉状、岩枝状和小岩珠状产出。其独特的灰白色与块状构造以及坚硬突出地露出地表容易将它与其他类岩石区分开来。它侵入于上述所有类型岩石中。

测定的花岗岩样品是 6-G-4, 呈脉状或不规则状产出, 穿切上述所有岩石。

综上所述, 根据构造变形研究和野外接触穿切关系, 岩石形成由新至老的顺序为 TTG3:

花岗岩、奥长花岗岩、紫苏花岗岩, TTG2, TTG1, 上壳岩。

2) 测定结果和讨论

所测结果列于表 1-1。

表 1-1 各种方法测得同位素年龄及其地质意义
Table 1-1 Isotopic ages by various methods and their geological significances

样 号	测 定 方 法	年 龄 /Ma	地 质 意 义
6496 6441 6354 6341	Sm-Nd	284638±67.0	包体形成年龄
Ji20	单锆石蒸发法	2522±3	TTG 岩石侵位年龄
Ji12	单锆石蒸发法	2502±4	紫苏花岗岩侵位年龄
Ji2	单锆石蒸发法	2500±2	
Ji1	单锆石蒸发法	2503±3	
Ji11	单锆石蒸发法	2500±2	受紫苏花岗岩侵位影响热事件高峰年龄
Ji38	单锆石蒸发法	2503±4	
Ji17	单锆石蒸发法	2504±5	
6-G-4	单锆石蒸发法	2472±3	花岗岩侵位年龄
7Y138	微量锆石法	2479.0 ^{+1.6} _{-1.4}	晚太古宙第一次变质热事件高峰年龄
8D182	微量锆石法	2467 ⁺¹⁴ ₋₁	
Ji9	单锆石蒸发法	2496±3	
Ji37	单锆石蒸发法	2474±4	
Ji6	单锆石蒸发法	2480±6	
		2487±2	
		2478±2	
Ji33	单锆石蒸发法	2496±5	
		2491±3	
		2486±2	
Ji33	单锆石蒸发法	2459±4	晚太古宙第二次变质热事件高峰年龄
Ji7	单锆石蒸发法	2451±7	
Ji33	单锆石蒸发法	2413±2	晚太古宙第二次变质热事件高峰年龄

上壳岩理应是本区最老岩石,但其年龄小于侵入到上壳岩中的侵入岩年龄,获得的年龄值只有 2413~2496Ma,大致可分为 2413Ma、2451~2459Ma 和 2486~2496Ma 三组。在 Ji33 号样品中镜下看到一个锆石分三圈现象,推断这些年龄可能代表三个阶段变质高峰年龄。

英云闪长质片麻岩 (Ji9, Ji37) 获得的年龄为 2496Ma 和 2474Ma,这些岩石与紫苏花岗岩密切伴生,并且与紫苏花岗岩 (Ji2, Ji12) 所获得的年龄 2500~2502Ma 基本一致,紫苏花岗岩 Ji12 获得 2484Ma 数据,恰好在上壳岩第一组变质年龄范围内。

原岩为 TTG2 中性麻粒岩 Ji20,获得 2522Ma 年龄值,推断代表 TTG2 侵位的年龄,可

能呈小岩枝产出而且致密块状。侵入体受变质作用影响较小。

奥长花岗片麻岩 (Ji17) 获得的 2504Ma 数据, 因其变质程度低, 可能代表了该类岩石侵位年龄。

花岗岩 (6-G-4) 变质作用不明显, 获得的 2472Ma 可能代表了侵位年龄, 也即是在与上壳岩第一组年龄相当的变质期中或之后侵位的。

3. Sm-Nd 法

Sm-Nd 法是一种新的测年方法, 其实用性首先在陨石的研究中得到证实。自 1975 年 Lag-mair 首先用 ^{147}Sm - ^{143}Nd 的衰变成功地测定了玄武质陨石及月球年龄以来, 这种方法发展很快。

^{147}Sm 半衰期较长, 同时 Sm-Nd 的晶体化学性质十分相近, 放射性成因的子体 ^{143}Nd 形成之后很自然继承晶格中的母体位置而不易逃逸, 而且 Sm-Nd 在地球化学性质上属难溶的固体元素, 因而有很强的抗风化、抗蚀变能力。这样, Sm-Nd 系统在漫长而复杂的地质历史过程中容易保持封闭系统。因此, 在太古宙岩石, 特别是超铁镁质-镁铁质岩石的测年上, 比其他测定年龄方法优越, 通过它可以获得变质作用以前岩石形成的年龄。

Sm-Nd 的测试采用同位素稀释法, 所有的分离、提取及测试工作是在加拿大 Alberta Edomton 大学地质系实验室完成的。四个样品均采自长皋金矿附近, 具体位置、岩石名称及测试结果见表 1-2。等时线拟合采用单误差回归法, 计算中采用的常数为 $\lambda = 6.54 \times 10^{-12} \text{a}^{-1}$, 球粒陨石现代比值为 $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.512638$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.9167$, Sm、Nd 的含量为 10^{-6} 。

表 1-2 Sm-Nd 同位素测定
Table 1-2 Sm-Nd isotope estimating

序号	样号	岩石名称	Sm	Nd	$\text{Nd}^{143}/\text{Nd}^{144}$	$\text{Sm}^{147}/\text{Nd}^{144}$	ϵ_{Nd}
1	6496	角闪石岩	9.154 ± 1	42.360 ± 1	0.1511624	0.13083	-19.78
2	6441	含石榴角闪黑云岩 二辉斜长片粒岩	7.4657 ± 7	39.03 ± 2	0.511347	0.11552	-25.18
3	6354	单辉角闪长岩	4.0248 ± 4	19.891 ± 2	0.511493	0.12216	-22.34
4	6341	含角闪橄榄二辉石岩	0.5634 ± 0	1.5442 ± 0	0.513324	0.22046	13.38

四个样品分析结果表明, $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 比值范围为 0.511247~0.513324, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 比值范围为 0.12216~0.22046, 分布在比较满意的区间, 拟合的等时线年龄为 $(2846.8 \pm 0.000068) \text{ma}$ 。 $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = 5.480$ 时拟合的等时线见图 1-1。图中 T 为四个样品的同位素年龄值; R 为相关系数; b 为斜率; a 为截距。

根据 Sm-Nd 体系特点, 本区此类岩石的地球化学特征和野外产状, 我们认为这个全岩等时年龄代表了这套岩石原岩形成年龄。

4. 同位素地质年代小结

各种方法获得的同位素年龄及其地质意义已列于表 1-1。根据我们现在所获得的一些同位素年龄数据, 经综合分析得出初步结论如下:

① 我们获得的超铁镁质-镁铁质全岩 Sm-Nd 年龄值 $(2846.8 \pm 67.08) \text{Ma}$, 代表这些岩石的形成年龄。这些岩石一般呈包体出现, 并具有 S_1 残余面理 (见第四章)。因此本区上壳岩年龄应大于或等于此年龄。这与 B. M. Jahn (1988) 等人在泰山地区获得王福山片麻岩中镁铁质

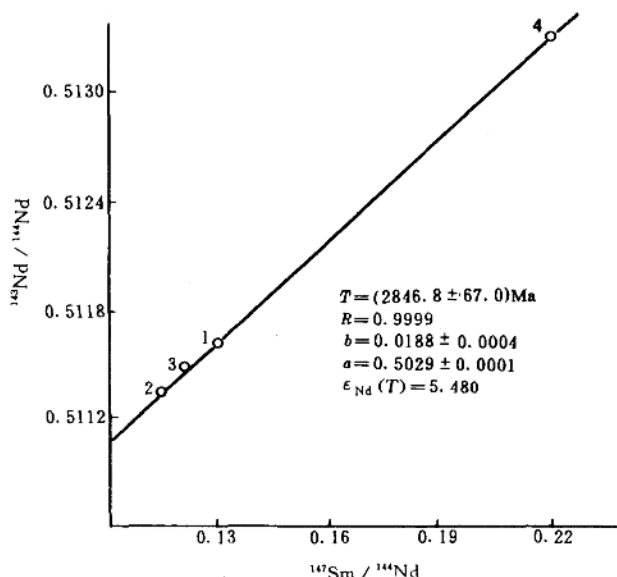


图 1-1 变超基性-基性火成岩的 Sm-Nd 法等时线图

Fig. 1-1 Sm-Nd isochron diagram for metaultrabasic-basic rocks

岩石的 Sm-Nd 年龄 (2700 ± 35) Ma 相接近。

②用微量锆石 U-Pb 法获得的 2467Ma (8D182) 与用单颗粒锆石蒸发法获得的上壳岩和 TTG 岩石一些年龄值基本一致, 如: (2480 ± 6)Ma, (2478 ± 2)Ma, (2487 ± 2)Ma (Ji6); (2496 ± 4)Ma, (2486 ± 2)Ma (Ji33); (2496 ± 3)Ma (Ji9); (2474 ± 4)Ma (Ji37); (2484 ± 3)Ma (Ji12)。它们代表了一次晚太古时期的变质热事件高峰年龄。

③用单颗粒锆石蒸发法获得的 (2522 ± 3)Ma (Ji20), 代表了研究区 TTG1 岩石侵位年龄。

④用单颗粒锆石蒸发法获得的紫苏花岗岩锆石年龄 ($2500 \sim 2502$) Ma 代表了该类岩石的侵位年龄。中性麻粒岩单颗粒锆石年龄 ($2500 \sim 2503$) Ma 与上述年龄近似, 并与紫苏花岗岩伴生, 推断该年龄值为受紫苏花岗岩影响所致。

⑤单颗粒锆石蒸发法获得的奥长花岗岩和花岗岩年龄分别为 (2504 ± 5) Ma (Ji17) 和 (2472 ± 3) Ma, 代表这两类岩石的侵位时间。

第二节 变 质 岩

一、岩石类型

根据野外产状、岩石的矿物组合和组构特征, 本区的变质岩可分为上壳岩和侵入岩。根据矿物含量及化学成分和组构特征, 可将本区岩石分为六大类, 每大类再根据矿物含量进一步细分具体岩石类型, 现简述如下。

1. 超镁铁质、镁铁质岩类

本类岩石以低硅高镁铁为特征。产出方式有两种，一种以夹层状及各种形态的包体产出，分布广泛，它们可能代表了本区较老的岩石。另一种以小岩株、岩脉等方式产出，侵位特征明显，岩石受蚀变程度不等，有的原生矿物已完全被蚀变矿物所代替，变成滑石岩和蛇纹岩等，他们代表了本区太古宙稍晚的侵入活动，分布于努鲁儿虎山隆起的沙海罕沟、丰富台沟、双店、朝阳小塔子沟、北票小巴沟和阜新等地。

本类岩石可分为：变超镁铁质岩、辉石岩类（包括含角闪橄榄二辉岩、角闪二辉岩、角闪石榴单斜辉石岩等）、角闪岩类（包括角闪石岩、单斜角闪岩、黑云角闪岩等）、斜长辉石岩类（包括角闪斜长单斜辉石岩、含角闪石榴斜长单辉岩等）和斜长角闪石岩。

2. 麻粒岩类

本区被命名为麻粒岩的岩石须满足有紫苏辉石的出现和无水矿物（二辉石、石榴石）占暗色矿物总量的一半以上的条件。本区岩石主要出露于努鲁儿虎山隆起的东南部，其他地区只有零散分布，偶有所见。岩石呈层状或透镜状产出，颜色深灰至灰白色，中细粒花岗变晶结构，块状、片麻状构造。具体岩石类型有：含石榴黑云紫苏斜长麻粒岩、黑云紫苏斜长麻粒岩、角闪二辉斜长麻粒岩、石榴斜长二辉角闪麻粒岩和二辉二长麻粒岩等。

3. 片麻岩类

本类岩石与第一类岩石相比，硅、铝含量高而镁铁含量低，是本区产出最多的岩石类型，多以层状产出，也见有岩基、岩脉等。据矿物组合及含量又可分为：角闪黑云斜长片麻岩、石英奥长片麻岩、石英二长片麻岩、黑云二长片麻岩和含云母（或角闪）斜长片麻岩等。

4. 紫苏花岗岩

仅在努鲁儿虎山隆起南部出现，往往呈脉状、岩枝状和不规则形态产出，呈脉状者往往与麻粒岩伴生。一般呈中粗粒花岗变晶结构，块状构造。岩石主要由紫苏辉石、单斜辉石、斜长石、钾长石、石英等矿物组成，副矿物有锆石和磷灰石。

5. 斜长质片麻岩

仅在努鲁儿虎隆起南部出现，往往呈脉状、岩枝状和不规则形态产出。一般为中细粒花岗变晶结构，略带片麻状构造的块状构造。岩石主要由斜长石组成，另外有少量石英、石榴石和锆石等。该类岩石出露不多，仅在建平地区上石金大坝等地发现。

6. 磁铁石英岩类

本类岩石以富铁硅为特征，是本区主要岩石类型之一，在全区均可见到，但主要分布在超镁铁质岩石两侧。岩石呈似层状或透镜状产出，颜色灰—灰黑，中—中细粒花岗变晶结构，片麻状、条带状构造。具体岩石类型有：角闪二辉磁铁石英岩、含石榴石二辉磁铁石英岩、二辉磁铁石英岩、单辉磁铁石英岩、单辉角闪磁铁石英岩、角闪磁铁石英岩及磁铁石英岩。

二、变质岩的原岩恢复

我们四年来的室内外工作，共积累了研究区 114 个不同岩石样品的主要元素、微量元素和稀土元素化学成分数据。根据野外观察和主要元素、锆石特征对变质岩进行了原岩恢复。

1. 原岩恢复所采用的方法

本区出现的变质杂岩，某些岩石如磁铁石英岩等原岩性质较易查明，有的困难些。根据野外产状，薄片观察，副矿物特征和岩石化学成分等综合方法对其进行恢复。我们选用的几

种岩石化学方法如下。

①采用了 D. M. Shaw (1972) 的判别式 $DF_3 = 10.44 - 0.21W(\text{SiO}_2) - 0.32W(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ (全铁) $- 0.98W(\text{MgO}) + 0.55W(\text{CaO}) + 1.46W(\text{Na}_2\text{O}) + 0.54W(\text{K}_2\text{O})$ 来判断 $W(\text{SiO}_2) > 53.5\%$ 的变质岩原岩*。若 $DF_3 > 0$ 为正变质岩, 反之为副变质岩。

②采用 D. M. Shaw 和 A. M. Kudo 的 $D(X)$ 函数判别式 $X_3 = 7.07\lg W(\text{TiO}_2) + 1.91\lg W(\text{Fe}_2\text{O}_3) + 2.97\lg W(\text{MnO}) + 4.8\lg W(\text{MgO}) + 7.80\lg W(\text{CaO}) + 3.92\lg W(\text{P}_2\text{O}_5) + 0.15\lg W(\text{CO}_2) - 15.08$ 来判别 $45\% < W(\text{SiO}_2) < 53.5\%$ 的变质岩的原岩。若 $X_3 > 0$ 为正变质岩, 反之则是副变质岩。

除了利用上述两个判别函数外, 我们采用了一些恢复原岩的图表。表 1-3 中列出了建平变质杂岩的主要元素含量。

2. 原岩恢复

1) 超镁铁质岩和镁铁质岩

①辉石岩和闪石岩。区内见到两条超镁铁质岩带, 在建平沙海两条带会合一起, 至朱力科分开南北两带, 分别向东北方向延伸, 北带为角闪岩, 南带为辉石岩。

南带主要由辉石岩构成, 所以又称为辉石岩带, 主要分布于建平沙海、朱力科、朝阳小塔子沟、东五家、北票小巴沟、沙金沟直至阜新北部, 断续延伸, 长达一二百公里。有两种产出状况, 其一呈透镜体群产出, 如小巴沟辉石岩群, 由 83 个大小不等的透镜状岩体构成。其中最大的 40 号岩体长达 1600m, 实际上也是由几个彼此平行的大小不等的透镜状岩体构成的, 所以透镜体长轴方向都与 S_2 平行。当较小透镜状岩体单独出现时, 实际上就成了斜长片麻岩的包体。其二呈似层状产出, 夹于斜长片麻岩之中, 平行 S_2 。朝阳小塔子沟北部, 大致以北东 80° 方向延伸, 至老林山被花岗岩所截。老林山东侧又复出现, 宽不到 100m, 连续延伸达几公里。值得注意的是, 在辉石岩透镜体群两侧 (小塔子沟) 或一侧 (小巴沟) 都有磁铁石英岩透镜体群与其相辅而行, 构成十分壮观的次级褶曲构造 (F_3)。由于多期变形变质作用, 矿物成分经过多次调整, 而且蚀变十分强烈。因此, 根据现有矿物组合命名, 岩石类型十分繁杂, 但主要类型为角闪辉石岩。

过去认为这里辉石岩是孤立岩体, 而且是侵入成因的, 经追索发现是“似层状的, 为长达几十公里断续延伸的地质体”。

表 1-3 (No. 1~29) 为所获得分析数据, 除几个样品没有 Cr_2O_3 数据外, 大部分变化于 $0.07\% \sim 0.56\%$, 平均 0.32% , 为克拉克值的 8.57 倍。 $D(X)$ 值多数为正值, 所以本类岩石是层状超镁铁质火山岩层或似层状带状浅成超镁铁质侵入体。

布鲁克斯和哈特建议科马提岩应具有以下化学特征: $W(\text{MgO}) > 9\%$, $W(\text{K}_2\text{O}) < 0.9\%$, $W(\text{TiO}_2) < 0.9\%$, $W(\text{CaO})/W(\text{Al}_2\text{O}_3) > 1$ 。而阿恩特认为加拿大蒙罗镇的科马提岩的 $W(\text{CaO})/W(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 平均值为 0.83。本区 K_2O 除了一个样品的质量分数为 1.55% (26 号样) 外, 其他均变化于 $0.01\% \sim 0.61\%$, 平均 0.31% (29 个样)。 $W(\text{TiO}_2) < 0.08\% \sim 0.77\%$, 平均 0.25% (29 个), 其 $W(\text{MgO}) > 15\%$, 最高为 41.30% ; 至于 $W(\text{CaO})/W(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 比值可以分为两组, 第一组大于 0.83, 共 20 个, 变化于 $0.84 \sim 3.18$, 占样品总数 67% ; 第二组小于 0.83 共 9 个, 变化于 $0.28 \sim 0.80$, 占样品总数 33% 。29 个样品平均值为 1.30。因此, 尽管部分样品

* W 代表物质的质量分数。

表 1-3 建平变质杂岩中主要岩石类型的化学元素含量 (%)

Table 1-3 Chemical compositions of main rocks from Jianping complex (%)

岩石类型	超镁铁质岩														
样 号	6431	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	1	2	3
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	42.34	43.86	44.58	43.40	43.00	43.61	43.57	41.54	41.75	41.79	41.21	40.14	53.47	50.44	52.24
TiO ₂	0.36	0.18	0.25	0.16	0.09	0.10	0.19	0.13	0.13	0.08	0.72	0.48	0.15	0.19	0.21
Al ₂ O ₃	6.49	4.59	5.33	3.58	1.82	1.90	2.17	1.47	1.76	3.11	6.16	5.85	2.54	2.46	3.51
Cr ₂ O ₃	0.12	0.24	0.16	0.18	0.24	0.26	0.24	0.28	0.27	0.52	0.07	0.00	0.54	0.50	0.52
Fe ₂ O ₃	5.63	8.62	6.28	8.50	7.07	9.80	9.28	10.65	7.29	6.71	9.53	10.04	0.86	4.60	1.88
FeO	4.30	7.80	7.46	6.94	9.86	6.72	6.37	4.71	6.47	4.56	8.34	8.15	7.80	7.84	7.92
(FeO)															
MnO	0.15	0.18	0.20	0.19	0.26	0.22	0.25	0.27	0.18	0.15	0.28	0.27	0.23	0.15	0.16
MgO	24.11	26.48	30.28	35.20	35.53	35.79	36.20	39.36	40.07	41.30	29.81	30.69	25.81	28.41	24.94
CaO	9.80	6.76	3.89	1.39	0.96	0.87	1.10	0.90	1.63	0.88	3.09	3.70	7.94	5.00	8.25
Na ₂ O	0.42	0.13	0.13	0.03	0.18	0.25	0.38	0.18	0.19	0.26	0.41	0.36	0.36	0.16	0.40
K ₂ O	0.08	0.39	0.57	0.12	0.14	0.14	0.25	0.25	0.09	0.16	0.37	0.13	0.18	0.11	0.20
P ₂ O ₅	0.10	0.06	0.04	0.06	0.02	0.05	0.07	0.08	0.02	0.07	0.05	0.06	0.04	0.00	0.05
H ₂ O ⁺	5.57														
H ₂ O ⁻	1.12														
总 量	100.59	99.2	99.17	99.75	99.17	99.17	99.47	99.63	99.90	99.80	99.84	99.86	99.94	99.86	100.08
DF ₃															
X ₃															

岩石类型	超镁铁质岩																
样 号	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
No.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
SiO ₂	51.33	52.76	52.27	52.55	51.69	51.54	51.70	54.94	54.51	50.68	48.29	48.96	49.91	45.57			
TiO ₂	0.21	0.18	0.32	0.18	0.23	0.11	0.15	0.00	0.22	0.77	0.67	0.25	0.28	0.16			
Al ₂ O ₃	3.46	3.09	4.10	3.26	3.78	3.19	1.89	1.84	3.84	5.31	10.64	5.45	5.28	4.40			
Cr ₂ O ₃	0.44	0.39	0.31	0.48	0.46	0.19	0.43	0.00			0.16	0.29	0.21	0.30			
Fe ₂ O ₃	3.09	3.51	1.20	4.98	2.27	4.73	3.14	3.62	2.92	4.29	1.95	6.30	4.97	8.46			
FeO	7.22	6.51	8.58	5.28	7.72	7.88	7.55	7.15	4.27	8.91	10.57	7.24	8.22	6.68			
(FeO)																	
MnO	0.18	0.22	0.25	0.23	0.25	0.26	0.26	0.22	0.17	0.23	0.16	0.15	0.17	0.22			
MgO	24.94	26.06	20.54	27.55	25.33	28.20	29.93	31.18	20.64	15.70	15.99	21.90	25.44	28.13			
CaO	8.31	6.36	10.69	4.61	6.61	2.54	4.22	0.78	12.21	12.97	8.96	8.24	5.25	4.95			
Na ₂ O	0.00	0.36	1.15	0.32	0.60	0.71	0.24	0.20	0.82	0.83	0.74	0.17	0.30	0.13			
K ₂ O	0.00	0.42	0.51	0.42	0.61	0.41	0.28	0.01	0.26	0.25	1.55	0.51	0.28	0.29			
P ₂ O ₅	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.07	0.06	0.25	0.04	0.13	0.05	0.04	0.04			
H ₂ O ⁺																	
H ₂ O ⁻																	
总 量	99.18	99.87	99.94	99.89	99.57	99.79	99.86	100.00	100.11	99.89	99.81	99.51	99.64	99.33			
DF ₃																	
X ₃																	

续表

岩石类型	角闪岩															
样 号	8D194	8D172	8D183	6C11	6C9	6C1	6C5	6C6	6C7	6C10	6C8	6331	6354	6C2	Ch1	Ch2
No.	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
SiO ₂	47.84	46.77	47.52	42.86	44.54	43.77	45.56	48.80	45.34	47.46	46.22	50.20	47.53	47.45	48.20	47.47
TiO ₂	0.79	0.67	0.60	1.29	0.87	0.11	0.72	0.66	0.73	1.00	1.18	0.82	0.71	0.82	0.61	0.61
Al ₂ O ₃	8.99	9.19	9.13	15.24	20.04	11.98	9.73	15.49	14.26	15.57	9.69	14.66	9.55	14.96	11.17	11.57
Cr ₂ O ₃				0.03	0.004	0.11	0.13	0.05	0.06	0.04	0.17	0.03	0.14	0.06	0.17	0.18
Fe ₂ O ₃	2.91	5.27	5.01	14.59											2.86	2.96
FeO	8.19	8.81	8.41	3.65											8.01	7.68
(FeO)					13.75	13.72	11.54	10.19	12.48	14.00	13.43	14.59	14.00	13.06		
MnO	0.22	0.25	0.25	0.19	0.12	0.19	0.21	0.18	0.21	0.02	0.16	0.24	0.22	0.17		
MgO	12.89	12.90	13.01	7.71	4.47	12.17	13.69	7.73	8.96	7.03	17.20	7.42	12.35	7.86	13.19	13.49
CaO	12.26	10.75	12.21	10.02	9.96	12.25	13.94	10.86	13.31	9.74	8.53	9.70	11.61	11.10	8.16	8.59
Na ₂ O	0.85	1.10	1.15	1.83	2.56	1.32	0.46	2.31	1.62	2.59	1.31	1.63	1.08	2.21	2.52	2.41
K ₂ O	2.02	1.25	0.93	1.17	0.89	1.11	1.05	1.32	0.86	1.07	0.20	0.35	0.80	0.92	2.49	2.22
P ₂ O ₅	0.29	0.19	0.16	0.42	0.79	0.16	0.27	0.12	0.40	0.05	0.14	0.06	0.13	0.06	0.46	0.42
H ₂ O ⁺	2.32	1.99	2.08													
H ₂ O ⁻	0.18	0.28	0.30													
总 量	99.75	99.42	100.76	99.06	98.76	97.89	97.30	97.71	98.23	98.75	98.23	99.70	98.12	97.86	98.76	97.60
DF ₃																
X ₃	2.01	0.06	0.35													

岩石类型	角闪岩		斜长角闪岩													
样 号	J	L	642	6302	6421	6453	664	6112	6241	XB241	XB242	8D137	8D141	8D202	8D62	D24
No.	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
SiO ₂	38.62	50.00	46.09	49.09	46.62	51.20	54.97	47.39	51.41	45.36	45.80	49.97	48.70	49.18	52.72	49.29
TiO ₂	2.23	1.05	0.97	0.86	0.94	0.55	0.53	1.07	1.50	0.77	0.66	0.85	1.08	0.80	0.40	0.95
Al ₂ O ₃	16.00	15.00	9.12	14.48	14.73	11.77	11.81	17.96	13.10	15.44	14.43	14.18	17.11	14.19	9.69	15.02
Cr ₂ O ₃	0.20															
Fe ₂ O ₃	12.70	2.92	5.31	4.97	3.79	3.50	1.81	4.11	4.27	4.61	4.53	4.01	4.08	2.91	3.57	5.41
FeO	4.19	8.14	11.13	7.25	10.34	6.20	8.10	8.10	10.04	9.51	8.91	8.64	7.22	8.81	5.95	7.50
(FeO)																
MnO		0.24	0.25	0.19	0.21	0.19	0.26	0.23	0.27	0.21	0.25	0.28	0.18	0.19	0.21	0.20
MgO	8.66	7.13	13.11	7.72	8.14	9.69	7.86	5.80	5.61	9.91	8.04	8.03	7.03	8.93	10.86	7.97
CaO	10.15	10.29	10.20	10.24	11.01	11.30	10.39	10.08	9.53	11.04	12.62	11.80	8.88	9.78	11.74	9.66
Na ₂ O	2.21	2.71	1.71	3.47	2.47	3.18	0.56	2.82	2.38	1.79	1.77	1.42	3.20	2.55	2.40	2.75
K ₂ O	1.03	0.25	0.99	0.87	0.19	1.51	1.69	0.58	0.63	0.23	0.42	0.10	1.00	1.10	0.90	0.50
P ₂ O ₅	0.40	0.10	0.14	0.18	0.20	0.23	0.19	0.22	0.24	0.07	0.06	0.21	0.57	0.19	0.20	0.24
H ₂ O ⁺			1.30	1.16	1.52	1.14	2.15	1.45	1.18			1.06	1.30	1.70	1.10	0.54
H ₂ O ⁻	1.96	1.71	0.28	0.20	0.22	0.22	0.28	0.22	0.32			0.24	0.30	0.14	0.20	0.22
总 量	96.44	99.54	100.60	100.68	100.38	100.68	100.61	100.03	100.48	97.47	98.26	100.79	100.65	100.47	99.94	100.25
DF ₃																
X ₃				1.23	1.41	1.63	1.84				0.99	1.09	0.25	2.69	0.47	

续表

岩石类型	斜长角闪岩										基性麻粒岩		
样 号	8D191	171	233	256	273	293	291	271	41	91	6307	644	Ji11
No.	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
SiO ₂	48.46	46.86	48.64	47.38	49.98	49.52	48.58	49.00	49.84	48.74	51.79	54.97	52.82
TiO ₂	0.97	1.22	0.82	0.68	1.08	1.22	0.95	0.83	1.30	0.74	0.89	0.53	0.72
Al ₂ O ₃	15.35	14.70	16.65	14.00	14.02	14.70	16.65	14.00	14.02	13.40	15.23	11.81	14.33
Fe ₂ O ₃	4.71	4.27	3.79	2.74	3.52	6.11	4.92	3.12	4.23	3.77	3.55	1.81	10.61
FeO	10.02	10.57	8.82	10.40	10.37	8.23	8.82	8.92	11.17	8.01	7.65	8.10	0.15
(FeO)													
MnO	0.22	0.23	0.32	0.21	0.23	0.23	0.20	0.18	0.24	0.21	0.17	0.26	6.96
MgO	6.58	6.59	5.26	9.99	5.87	5.87	6.01	5.56	5.53	7.43	6.50	7.86	7.72
CaO	8.49	9.65	10.71	9.97	9.86	8.69	10.28	9.44	9.01	12.83	8.59	10.39	3.86
Na ₂ O	2.70	2.99	2.54	2.09	2.64	2.90	3.04	3.12	2.69	2.71	3.69	0.56	1.89
K ₂ O	1.21	1.10	0.28	0.69	0.61	1.35	0.61	0.85	0.76	0.70	1.13	1.69	0.34
P ₂ O ₅	0.25	0.14	0.12	0.05	0.16	0.22	0.12	0.18	0.20	0.11	0.21	0.19	
H ₂ O ⁺	1.06										0.75	2.15	
H ₂ O ⁻	0.14										0.17	0.28	
总 量	100.25	98.12	97.95	98.14	98.34	97.82	98.10	99.03	98.04	98.48	100.33	100.60	98.39
DF ₃													
X ₃	0.23										1.24		

岩石类型	中性麻粒岩							闪长质片麻岩	英云闪长质片麻岩					
样 号	612	633	643	663	6495	Ji1	Ji38	6121	6632	6291	311	72	401	
No	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
SiO ₂	58.00	62.99	61.38	61.52	62.51	60.93	56.39	52.07	67.67	69.00	59.94	61.16	62.76	
TiO ₂	0.52	0.58	0.64	0.54	0.68	0.59	0.62	1.42	0.39	0.39	0.25	0.34	0.51	
Al ₂ O ₃	14.56	15.34	15.23	17.07	15.52	14.75	17.17	17.39	15.44	15.51	15.65	16.07	15.44	
Fe ₂ O ₃	3.16	1.58	2.69	1.70	2.36	7.83	8.30	4.39	1.19	1.62	2.41	2.87	2.35	
FeO	6.65	4.59	5.78	3.69	4.84			4.50	2.16	2.03	3.55	3.32	3.24	
(FeO)														
MnO	0.12	0.09	0.08	0.08	0.07	0.09	0.12	0.11	0.04	0.04	0.10	0.11	0.06	
MgO	4.77	3.72	3.58	2.77	3.51	3.96	4.13	2.93	1.48	1.26	4.23	3.70	1.12	
CaO	6.43	4.20	3.27	4.94	3.96	4.17	6.61	7.16	4.12	4.68	4.45	6.41	2.65	
Na ₂ O	4.17	4.38	4.38	4.94	3.63	2.89	3.67	4.69	4.88	4.63	5.42	3.77	4.53	
K ₂ O	1.03	2.25	2.26	2.19	1.94	2.54	1.13	2.50	1.07	0.56	2.46	0.66	2.43	
P ₂ O ₅	0.28	0.29	0.29	0.25	0.28	0.21	0.17	1.01	0.21	0.23	0.24	0.19	0.27	
H ₂ O ⁺	0.83	0.54	0.50	0.15	0.98			1.03	0.46	0.62				
H ₂ O ⁻	0.12	0.22	0.12	0.46	0.16			0.24	0.30	0.24				
总 量	100.64	100.77	100.20	100.30	100.44	97.96	98.35	99.44	99.41	100.81	98.39	98.18	96.59	
DF ₃	0.54	4.06	0.08	10.31	-0.08				3.6	3.11				
X ₃								2.12						

续表

岩石类型	英云闪长质片麻岩			奥长花岗质片麻岩			紫苏花岗岩			斜长质片麻岩			磁铁石英岩		
样 号	B5	8TTG1	424	422	423	629	641	Ji2	Ji12	632	65B1	Ji6	Ji7	221	301
No.	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
SiO ₂	68.02	58.29	65.81	71.27	71.75	69.68	67.24	61.82	66.67	54.75	49.32	43.32	50.91	45.91	50.29
TiO ₂	0.13	0.29	0.40	0.52	0.40	0.17	0.11	0.53	0.31	0.54	0.37	0.23	0.21	0.31	0.12
Al ₂ O ₃	16.09	20.83	15.47	15.36	14.75	17.36	14.14	14.68	15.76	24.27	28.48	1.78	2.41	2.49	3.09
Fe ₂ O ₃	1.26	1.90	0.95	0.50	0.27	1.04	1.32	7.60	2.79	1.13	0.96	19.27	16.27	34.27	31.75
FeO	1.16	2.23	3.23	1.79	2.37	1.20	3.13			1.37	1.67	30.50	25.20	12.97	10.75
(FeO)															
MnO	0.08	0.08	0.11	0.03	0.04	0.01	0.06	0.85	0.04	0.04	0.06	0.06	0.08	0.17	0.16
MgO	0.84	1.56	2.03	2.42	0.75	0.43	2.82	3.78	1.38	1.13	1.07	1.57	2.14	0.20	0.24
CaO	3.07	6.04	5.21	3.60	3.68	3.13	2.67	3.91	2.70	8.85	14.02	1.88	1.84	1.04	0.61
Na ₂ O	5.36	5.29	4.41	5.40	4.36	5.38	3.19	2.88	2.95	5.31	3.20	0.04	0.15	0.11	0.18
K ₂ O	3.43	1.27	0.18	0.85	1.00	1.23	5.14	2.52	4.57	1.31	0.40	0.31	0.41	0.02	0.87
P ₂ O ₅	0.08	0.20	0.09	0.05	0.06	0.15	0.22	0.17	0.20	0.43	0.22	0.23	0.26	0.12	0.24
H ₂ O ⁺						0.66	0.47			0.15	0.35				
H ₂ O ⁻		1.11	0.09	0.05	0.09	0.26	0.18			0.20	0.14			1.61	1.15
总 量	99.52	99.08	99.93	100.11	99.82	100.70	100.69	98.74	97.46	99.48	100.23	99.13	99.86	99.51	99.45
DF ₃						4.87	0.92			3.11	10.76			16.87	12.57
X ₃															

岩石类型	黑云斜长(或二长)片麻岩											
样 号	215	236	255	201	65B3	65B4	192	131	194	223	7T16	181
No.	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
SiO ₂	62.00	73.92	67.84	62.36	66.88	51.83	62.40	63.26	61.76	59.16	66.90	63.98
TiO ₂	0.43	0.23	0.53	0.55	1.49	0.42	0.43	0.50	0.44	0.35	0.43	
Al ₂ O ₃	16.05	15.01	15.49	15.75	16.12	18.04	15.93	15.52	15.00	16.04	15.40	14.58
Fe ₂ O ₃	1.66	0.55	1.10	2.21	2.41	6.32	2.28	2.11	1.47	1.40	1.02	1.61
FeO	4.06	0.51	2.30	3.83	3.74	3.49	3.76	3.92	5.55	6.06	2.30	4.73
(FeO)												
MnO	0.10	0.02	0.07	0.11	0.09	0.10	0.15	0.09	0.10	1.19	0.60	0.13
MgO	3.39	0.19	1.11	3.01	2.20	2.87	3.24	3.28	3.54	3.66	1.68	3.35
CaO	4.40	1.38	3.82	3.92	2.44	4.71	2.81	3.39	3.55	2.76	2.23	2.76
Na ₂ O	4.16	5.56	4.97	3.78	3.00	4.45	3.94	3.80	3.68	3.62	4.09	3.69
K ₂ O	2.17	0.90	0.85	2.80	2.22	3.50	2.22	2.16	2.77	4.02	4.52	1.89
P ₂ O ₅	0.23	0.05	0.16	0.22	0.17	0.78	0.22	0.19	0.25	0.30	0.20	0.23
H ₂ O ⁺					0.75	1.75						
H ₂ O ⁻					0.20	0.52						
总 量	98.65	98.09	98.39	98.53	100.75	97.58	97.34	98.22	98.15	97.74	99.29	97.32
DF ₃												
X ₃												