

中国科学院地球化学研究所

地球化学集刊

MEMOIRS OF GEOCHEMISTRY

第 1 号

科学出版社

中国科学院地球化学研究所

地球化学集刊
MEMOIRS OF GEOCHEMISTRY

第 1 号

科学出版社

1984

内 容 简 介

本专辑是1975—1978年中国科学院鞍本铁矿科研“会战”中所取得研究成果汇编。共汇集论文十一篇。工作内容广泛,采用了数学地质、气液包裹体测温 and 成分分析、氧硫稳定同位素、K-Ar、Rb-Sr、U-Pb、Pb-Pb 同位素年龄、电子探针、穆氏鲍尔效应、高温高压与常温常压实验、热力学计算、航判以及矿物、岩石、构造等多种研究方法和手段,对鞍山、本溪一带前寒武纪含铁建造、基底构造、地层、变质岩-混合岩、磁铁富矿与赤铁富矿(即红富矿)的成因和地球化学以及角闪石类矿物等方面,进行了比较详细的研究,获得了综合性的地质-地球化学研究成果。本集刊内容丰富,涉及构造、岩石、矿床和地球化学等多种学科,领域相当广泛。因此,不仅对研究前寒武纪地质的专业人员有利用价值,同时还可供从事地质生产工作者和科技人员及大专院校地质专业师生参考。

地 球 化 学 集 刊

中国科学院地球化学研究所编辑

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年11月第一版 开本:787×1092 1/16
1984年11月第一次印刷 印张:12 插页:4
印数:0001—1,670 字数:267,000

统一书号:13031·2729

本社书号:3754·13—14

定 价: 2.20 元

编 者 的 话

地球化学是一门综合性比较强的、涉及领域广泛的学科。近年来,在我国随着新技术的引用和新方法的建立、许多相近学科的相互配合和渗透、以及多方面的协同和国际合作,使地球化学这门科学产生了日新月异的变化和发展,不但为我国矿产资源、能源的研究与开拓提供了理论依据,而且也环境保护、宇宙空间的探索等方面的研究,提供了新的论证。

中国科学院地球化学研究所,是包括由多种分支学科组成的综合性的地球化学研究机构。它包括同位素地球化学、天体化学、有机地球化学、矿床地球化学、微量与稀有元素地球化学、稀土地球化学、环境地球化学、地球深部地球化学、第四纪地球化学、矿物材料与矿物物理、基础矿物学和岩矿测试技术等分支学科,初步构成一个比较完整的地球化学研究体系。自本所成立16年以来,已经在许多方面做出了可喜的成绩,探索了一些新领域、新理论和新方法,为我国社会主义建设作出了贡献。为了进一步加强学术交流、推广研究成果,提高经济效益,特开辟“集刊”这块园地。主要刊登我所各分支学科研究成果、学术论文、理论探讨和新的分析技术和新方法等文章。本期内容为“鞍本一带前寒武纪铁矿地质与地球化学”。

鉴于编者业务和思想水平有限,在办刊过程中,难免有缺点和错误,敬希广大读者,提出批评指正,以促进本集刊在编写工作中不断改进和提高,为社会主义现代化服务。

1982年10月

序 言

1975—1979年,中国科学院贵阳地球化学研究所、中国科技大学、南京古生物研究所、中国科学院植物研究所、中国图书进出口公司等单位80余人组成中国科学院鞍本铁矿科研队,在中国科学院前富铁矿办公室直接领导下,对鞍山本溪一带前寒武纪铁矿地质、构造、混合岩、磁铁富矿、赤铁富矿(红矿)等采用多种方法(包括地质构造、岩组、矿相、岩相、微体植物化石、微生物化石、氨基酸、数学地质、造岩矿物、副矿物、微量元素、气液包裹体测温和成分分析、O、S同位素、化学分析、X荧光分析、差热分析、X射线粉晶分析、红外光谱、电子探针、穆氏鲍尔效应、同位素年龄、高温高压实验、常温常压实验、热力学计算等方法),进行了比较全面的科学研究,获得了相当丰富的地质成果,主要是:

1. 在我国大于20亿年的古老变质地层及含铁岩系中发现较多的微古植物化石和微生物化石,目前在国外的晚太古代地层中取得像我国这样微古植物化石组合面貌的地层为数不多,在国内还是第一次。

2. 取得了浪子山组地层年龄数据为19.77亿年,属辽河群底部的地质时代。

3. 根据同位素年龄和地质特点,初步认为本区有28—33亿年老岩石存在,对本区混合岩的分期、特征及其与铁矿的关系进行了研究,进一步证明在本区混合岩和混合花岗岩中有找到铁矿的可能性。

4. 根据对东西鞍山眼前山矿带的地球化学、数学地质资料 and 同位素年龄,初步认为,东西鞍山眼前山矿带不属于太古代而属于下元古代,相当于辽河群。

5. 由一系列穹窿及盆地组成本区晚太古代以前的基底构造轮廓,在构造上是由锐角对着南北方向的X型网格断层所切割的断块及断隆所表现出来。含铁岩系主要分布于盆地穹窿构造周围及沿X型断裂带分布。提出可能存在一个辽阳—本溪晚太古代的成铁盆地,下元古代含铁建造主要沿近东西向展布,并受同一方向断裂带所控制。初步肯定了冀岭断裂晚期活动对铁矿带的大幅度错移,并探讨了恢复其燕山运动前的面貌。研究了东鞍山铁矿层的构造形态,指出本铁矿层存在紧密褶皱。初步查明弓长岭铁矿的构造历史,在震旦纪以前存在四次构造变形及两次区域变质作用,富铁矿形成受控于第二次构造变形的晚期断裂和褶皱。

6. 对本区铁矿氧化带作用进行了初步研究,确认在西鞍山钓鱼台石英岩不整合面之下的铁矿氧化带上部,存在较弱但明显的线形风化淋滤带,并形成了小规模的风化淋滤型富铁矿,同时对找矿前景进行了分析讨论。论述了首先应找寻新的有利于风化淋滤的变质浅的矿源层。

7. 对弓长岭型富铁矿床形成的物理化学条件及地球化学过程进行了研究,指出富铁矿床是一个高温热液淋滤交代矿床。其原岩建造是中基性火山岩、火山沉积岩、碎屑岩、硅质岩及磁铁石英岩等组成的火山-硅铁建造,它们在受到角闪岩相区域变质之后,热液沿本区第二构造变形后期所提供的通道和构造空间,对第六层铁矿层及其围岩进行交代淋滤。并指出樱桃园矿带是弓长岭型富铁矿的有利地区。部分同志认为,弓长岭富铁矿

属于多阶段多成因火山沉积变质热液再造型矿床。

8. 运用趋势面分析,对弓长岭矿区某矿段深部进行成矿预测,取得了较好效果。在预测的部位由钻探证实有厚大的富铁矿体存在,但应当指出,鞍钢地勘公司和矿区同志在更早些时候就认为弓长岭矿区的矿体,按其产状和形态大小变化情况,有可能向东南区深部继续延伸。

9. 在弓长岭地区研究过程中,发现石墨较普遍存在于富铁矿石中;1M、1M_D、2M₁等型云母;变质成因和热液成因的两种铁铝榴石;在蚀变岩中含不同变种的闪石类矿物如含镁绿钙闪石以及少量橄榄石等,这些发现对讨论富铁矿的形成条件是有意义的。

10. 初步认为,本区既有阿尔戈马型硅铁建造,又有时代较新的苏必利尔型硅铁建造。

11. 本区混合岩在不同地区分别属于交代型、原地交代-深部重熔型以及原地半原地重熔型。从锆石特征和岩石化学分析,弓长岭区混合原岩应为中酸性火山岩。

12. 在磁铁富矿的成矿模式方面,论述了成矿的多阶段性和硅化密切关系。

13. 硫同位素研究表明,富铁矿与贫铁矿形成有明显区别,同位素年代学研究初步确定后期热液改造成矿时代在17亿年左右。

14. 根据大量岩石化学、微量元素和石墨分析,结合地质特征研究,初步认为岭东地区“标志层”(K₁)与弓长岭地区“标志层”(K),可能属不同层位产物,对找矿有一定意义。

本集刊仅收集中国科学院地球化学研究所尚未发表过的11篇论文,其中“鞍山、本溪一带前寒武纪铁矿成岩成矿作用”一文涉及面较广,系综合本队大部分研究结果写成。在内容上各篇之间有一定联系,例如:其中有6篇论文从不同角度根据不同资料讨论了东西鞍山铁矿带比樱桃园铁矿带年轻的问题。本着“双百”方针,对本区各种地质问题的探讨,在观点认识上没有强求一致,尽量尊重各作者的原意,甚至在名词术语上,出于认识上不同者,也没有完全强求统一。如,多数作者称“铁架山片麻状混合花岗岩”,个别作者仍保留“铁架山受一定程度混合岩化的花岗片麻岩”名称;又如不同文章中出现的“含铁石英岩”、“铁英岩”、“变质贫铁矿”等名词,实质上是指同一的磁铁石英岩和赤铁石英岩笼统的总称,望读者谅解。

本队其他研究成果,部分论文已发表在不同刊物上(见附录),连同本集刊的文章一起,对我队研究工作,读者可了解一个梗概。以上提供的事实、实验、理论和结论,难免有不当之处,敬希读者批评指正。

先后参加本队的科技人员有:刘若新、黎彤、李曙光、曹瑞骥、张宝贵、李绍炳、李乘伦、陈江峰、林树道、李学明、周泰禧、何铸文、王奎仁、赵斌、王声远、李统锦、李本超、施继锡、蔡秀成、温桂兰、孙福庆、李昭平、张秉良、吕选忠、刘友梅、孙静林、王之玉、陈长贵、程景平、张顺金、陈国玺、沈丽璞、王贤觉、章钟眉、陈福、郁云妹、朱怀直、吴光华、孟强、尹磊明、欧阳舒、朱为庆、钟富道、杨学昌、于洁、高计元、阎作鹏、徐兆良、丁暄、张湖、张疆、洪文兴、侯鸿泉、曹鉴秋、何在成、刘怀全、王永茂、吕银忠、池家祥、吕佩芹、王道迺、白韵兰、周兴国、邢爱华、陈晔虞、李明、吉全法、张海英、胡光黔、吴明清、何登华、彭绍松、周正、陈康传、梅启圣、贺凤坤、刘玉山、王慧兰、耿建民、高敏之、解广轰、蒋寄云、倪集众、彭德珍和王联魁等。

本工作是在涂光炽教授指导下进行的,余皓教授参加了部分工作。在野外和室内研

究中,鞍钢地质勘探公司和研究室、天津冶金地质调查研究所、中国科学院地质研究所、辽宁区测队、东北地质矿产研究所、辽宁省地质局、长春地质学院、东北工学院、长春冶金地质学校、华北地质科学研究所、北京大学、中国科学院地球物理研究所、武汉地质学院等兄弟单位,给予我们大力支援和热情帮助。另外,地球化学研究所各实验室完成本集刊引用的大部分测试数据,借此一并表示衷心感谢。

王联魁 张宝贵

1980年12月于贵阳

目 录

序言

鞍山本溪一带前寒武纪铁矿的成岩成矿作用·····	王联魁等 (1)
富铁矿之成因研究·····	余 皓等 (36)
鞍本地区基底构造轮廓·····	张 湖 (57)
鞍山地区的前寒武系和构造·····	丁 暄等 (69)
鞍本地区前寒武岩石同位素地质年代学·····	钟富道等 (80)
用数理统计方法划分和对比鞍山地区的含铁岩系·····	于 洁 (87)
鞍山地区变质岩系沉积建造的恢复及变质相系的划分·····	解广轰等 (99)
鞍山-弓长岭地区前震旦纪混合花岗岩类的矿物地球化学研究 ·····	洪文兴等 (107)
弓长岭铁矿床闪石类矿物研究·····	陈国玺等 (129)
关于弓长岭磁铁富矿形成条件的讨论·····	蔡秀成等 (144)
鞍本地区前寒武纪铁矿红富矿矿物和地球化学研究·····	张宝贵 (151)
附录·····	(180)

CONTENTS

Introduction

Petrogenesis and Mineralization of Precambrian Iron Formation in Anshan-Benxi Regions.

- Wang Liankui *et al.* (1)
- A Study on Origin of High-grade Iron Ore..... Yu Hao *et al.* (36)
- Structural Outline of Basement in Anshan-Benxi Area. Zhang Hu (57)
- The Precambrian Strata and Structure in Anshan Area. Ding Xuan *et al.* (69)
- Isotopic Geochronology of The Precambrian Rocks in Anshan-Benxi Area.
..... Zhong Fudao *et al.* (80)
- Division and Comparison of The Metamorphic Rock strata with Iron Ore in Anshan
Area by Mathematics-Statistical Data of Some Elements. Yu Jie (87)
- Recovery of Sedimentary Formation and Division of Phase-Series in Metamorphic
Rocks of Anshan Area. Xie Guanghong *et al.* (99)
- A Study on Minerals and Geochemistry of Precambrian Migmatite-Granite in Anshan-
Gongchangling Area. Hong Wenxing *et al.* (107)
- A Study of Amphibole Group in Gongchangling Iron Deposit. ... Chen Guoxi *et al.* (129)
- A Discussion on The Conditions of Formation of Rich Magnetite Deposit in Gongch-
angling..... Cai Xiucheng *et al.* (144)
- A Study on Minerals and Geochemistry of Rich Hematite Deposits in Precambrian
Formation in Anshan-Benxi Area. Zhang Baogui (151)
- Appendix: Lit of Paper Published in Other Scientific Journals by This Research Work. (180)

鞍山本溪一带前寒武纪铁矿的 成岩成矿作用

王联魁 张宝贵 程景平

鞍本区位于辽宁省鞍山市和本溪市一带,大地构造上处于华北地台东北辽宁背斜中部太子河凹陷之西部,区内主要由太古代鞍山群和元古代辽河群构成,赋存丰富的沉积变质铁矿。其特点是分布广,变质程度高(多属角闪岩相),并经历了长期而复杂的多期构造运动,这给地质研究带来莫大困难。但是,由于铁矿资源的丰富多彩早为中外地质学家所重视,并做了大量的研究工作,尤其是在解放后,又进行了系统和多方面的地质、岩石、矿床、地球化学与地球物理的研究,取得了丰硕成果,总之,该区是我国前寒武纪地质研究得比较成熟的地区,积累了大量实际资料,提出了各种观点,其中尤以地质部程裕淇教授贡献最大。

本文在前人的大量资料基础上,参考刘若新同志的工作报告(1979),结合本队同志的工作和作者实地观察研究,对本区某些重点问题,如含铁建造、混合岩化、成矿作用等提出我们的初步认识。

一、含铁建造

鞍山本溪一带前寒武纪地层比较发育,根据辽宁省区测队资料,广泛出露的是晚太古代鞍山群、早元古代辽河群及震旦系等。混合岩分布广泛,含铁地层多在混合岩中呈规模大小不同的残留体赋存,鞍山群下部为抚顺组(即石砬子组及通什村组)在清原新宾一带以角闪斜长片麻岩、角闪岩、黑云母片麻岩、石榴黑云母片麻岩为主,夹薄层或扁豆状条带磁铁石英岩及层状铜锌矿等;中部为歪头山组(即茨沟组、大峪沟组)在歪头山、北台、南芬、弓长岭、汤河沿等处比较发育,主要由斜长角闪岩、黑云母变粒岩、浅粒岩、石英岩、二云母石英片岩构成,含3—8层条带状磁铁石英岩、角闪磁铁石英岩;上部为櫻桃园组,分布在鞍山一带,主要由千枚岩、绿泥白云母石英片岩、绢云母绿泥片岩,夹厚层磁铁石英岩。辽河群分布在谷首峪、柳林子一带,为一套石英岩、千枚岩、绿泥绢云母千枚岩,夹炭质板岩、白云大理岩和变质火山凝灰岩、凝灰质砂岩等。

(一) 含铁建造的时代

本区主要含铁建造鞍山群、辽河群的时代和其间的关系,是多年来长期争论的问题,其间接接触关系有两种认识,一种意见是不整合关系,并具底砾岩;另一意见是过渡关系,其间的砾岩属层间砾岩或成分复杂的构造砾岩。以下将从几方面对此问题进行讨论。

1. 对辽河群下部的砾岩——“炮台山砾岩”的认识

1) 在后坎等处辽河群下部的砾岩与下覆鞍山群间具有明显的不整合关系,辽河群地层与下覆鞍山群地层的产状在樱桃园、黑牛庄、胡家庙子一带明显不一致。

2) 在黑牛庄等处,于炮台山砾岩中,具有浑圆度高的玫瑰色锆石和浑圆度稍差的乳白色锆石,并发现白色锆石包裹玫瑰色锆石,此外有橘红色独居石、方铅矿、黄铁矿、磁铁矿、石榴石等。应当指出,具此等特征的玫瑰色锆石、乳白色锆石与樱桃园一带广泛分布的中粗粒混合花岗岩中的锆石非常相似,因此表明砾岩中锆石来自鞍山群中混合岩的可能性。

3) 用铀铅法测定炮台山砾岩中锆石等同位素年龄,浑圆玫瑰色锆石 27.89 亿年,乳白色锆石 23.46 亿年,独居石 28.41 亿年,与本区鞍山群内比较老的混合岩中锆石年龄接近,这也为砾岩中锆石来源于下覆地层——混合岩提供一方面的证据。

4) 氨基酸含量多少是判定地层时代新老的标志之一,炮台山砾岩中含 27.9 毫克/克氨基酸,鞍山群一般含 5.3—14.2,个别处含 16.9—19.1,故炮台山砾岩的含量明显偏高,这也可作炮台山砾岩属于比鞍山群新的辽河群证据之一。

5) 微古植物化石¹⁾,炮台山砾岩中的条带状铁矿砾石内,发现有鲛面球胞 *Trachysphaeridium* sp. 化石,与下覆鞍山群条带状贫铁矿含的化石相同,说明砾石来源于后者或来源于近似的地层内。另外砾岩上的千枚岩内获得了小光球胞 *Leiominuscula* spp., 粘球形藻 *Myxococcoides* sp. 裂瓣体 *Turucharica* sp. 等,以及较多的微古植物碎片,现有资料表明,炮台山砾岩应属沉积砾岩,比下覆鞍山群时代为新。

总之,地质产状、上下层位关系、副矿物、同位素年龄、微体化石等多方面的证据,说明炮台山砾岩应属于辽河群的底砾岩。

2. 同位素年龄

本区同位素年龄数据达 100 个以上,包括混合岩、伟晶岩、变质岩、蚀变围岩和矿石等,分析这些数据,可发现大多数集中在 23—24 亿年和 17—19 亿年两个区间,在樱桃园西大背区、弓长岭—三道岭、庙儿沟—歪头山区均是如此。

我队陈江峰将弓长岭区 36 个钾氩法年龄数据作了等时线处理,认为 17 亿年左右产生了一次混合岩化和热液作用。我所于津生等 1966 年所测本区沥青铀矿年龄摆动在 17—19 亿年间。

从整个区域看,1973 年程裕淇等^[1]分析了华北和东北地区前震旦纪的年龄资料,认为第一次变质时间为 23.5—25.5±0.5 亿年,第二次变质发生在五台地区约为 20.5 亿年,第三次在东北南部发生在 18.5±0.5 亿年。1975 年辽宁省第一区测队统计了辽宁省东部地区 120 个同位素年龄数据,发现有两次变质作用,早期约为 24±0.5 亿年,晚期为 18.5±0.5 亿年。1978 年长春地质学院变质岩组²⁾根据东北南部地区 243 个同位素年龄数据,得出 24 亿年与 19 亿年是两次重要热事件的结论。

因此,无论从历年来更大范围的多方面工作结果看,还是从我队在本区所获资料分

1) 曹瑞骥等: 辽东前寒武系含铁建造及其上覆地层古生物地层学研究(1978)

2) 张秋生: 关于东北南部太古代地质及铁矿的形成问题(1976)

析,都比较一致,有两个相当集中的峰值,即 23—24 亿年和 17—19 亿年,它代表了本区曾发生过两次强烈而普遍的热事件,因此,比较老的地层遭受两次变质,较新的地层遭受一次,如广布本区的鞍山群地层在樱桃园、弓长岭、歪头山、北台、庙儿沟等地区确实是除发育 17—19 亿一组变质年龄以外,还有许多伟晶岩中的白云母钾氩年龄在 23—24 亿年间,很可能由于伟晶岩白云母晶体大,对保存氩有利^[2],因此,虽遭第二次热事件改造,仍能保存第一次变质年龄的纪录。比较新的辽河群地层年龄就不一样,如辽宁区测队统计了辽河群地层年龄,最高年龄为 19.9 亿年,峰值在 18 亿年左右,即仅有一次(即第二次)变质的记录;本区西部的西鞍山、眼前山一带的年龄数据,如对面山铁矿下盘千枚状片岩 17.85 亿年,西鞍山的伟晶岩白云母 16 亿年,四花岭千枚状片岩全岩年龄 18 亿年。很明显,无论是伟晶岩还是变质岩,只有属于辽河群晚一组变质年龄,而无早期第一次变质的纪录,故这套原认为属于鞍山群地层从年龄角度看有可能与辽河群地层时代对比。此外,根据肖仲洋、陈江峰、钟富道研究,鞍山群年龄,在 31 亿年左右。

3. 微体植物化石

对采自胡家庙子、王家堡子、弓长岭、老岭、庙儿沟、歪头山等区的鞍山群铁矿石和围岩样品曹瑞骥、尹磊明、欧阳舒等¹⁾进行了电镜、浸解法、薄片法研究,发现了许多微体植物化石,包括 25 个属 38 个科,其中有些是新种,如聚集休伦胞 *Huroniospora compacta* sp. nov.; 奇异网球胞 *Enretisphae-ridium abnormum* sp. nov.; 原始三角藻 *Triangumorpha prima* sp. nov.; 古老似囊胞 *Palaco anacystis? antiquis* sp. nov.; 鞍山鞘颤藻 *Oscillatoriopsis anshanensis* sp. nov. 等。其化石特点是:

- 1) 以球状体单细胞、定形群体和其他形态的单细胞占绝对优势,丝状体很少;
- 2) 球状体多属蓝藻门;
- 3) 组合中出现被归入疑源类的类型;
- 4) 单细胞的直径,一般 40 μ 以下,但见于岩石薄片中的(偏大)最大达 80 μ ,超过国际上太古代地层的细胞直径;
- 5) 组合中出现三角形藻类细胞;

以上特点表明,这一微体植物化石组合代表了进化水平比较高的组合,与国际上已知太古代(>26 亿年)微体植物化石资料对比,如南非斯威士兰系下部(32—34 亿年)、罗德西亚的布拉瓦洋群(28 亿年)、美国明尼苏达的苏丹含铁建造(一般 18—30 亿年),显然鞍山群中化石组合水平要高,但是比早中元代北美冈弗林含铁建造(19—20 亿年)要逊色,故从化石看,鞍山群要老于冈弗林含铁建造,即和大于 20 亿年的含铁建造相当。

4. 微生物化石

采自东鞍山、西鞍山、眼前山、王家堡子等处的含铁石英岩样品,朱为庆研究结果表明,含有拟含铁柄杆菌、小纤毛菌、小管纤毛菌、古亚铁氧化铁球菌、鞍山弧菌、微孢梭菌、鞍山梭菌、硫杆菌、柄细菌以及直径小于 0.2 μ 的超微生物,这一组合微生物化石比冈弗林组微生物群有一定的差异,组合面貌应老于冈弗林组,即鞍山群含铁建造时代至少大

1) 曹瑞骥、尹磊明、欧阳舒等:关于鞍山群的地质时代及其含铁建造若干成因问题的讨论(1978)

于 20 亿年。

5. 氨基酸

古老地层中生物硬壳组织虽可绝迹,但是其有机分子——氨基酸仍可保存下来,称为分子化石。一般氨基酸含量随时代变老而减少,故以地层中含氨基酸量的多寡来判断地层的新老(表 1)。

表 1 各矿区样品中氨基酸的平均含量(微克/克)

	岩石与矿石	含量
辽河群	炮台山砾岩(1个)	27.9
	千枚岩(2个)	26.4
鞍山群	胡家庙子铁矿及围岩(2个)	10.6
	王家堡子绿泥片岩(1个)	13.1
	弓长岭铁矿与围岩 15 线(11个)	19.5
	21 线(5个)	14.2
	弓长岭二矿区贫矿(6个)	9.9
	歪头山铁矿与围岩(8个)	6.1

(据南京古生物研究所和少部分地化所资料)

从表中可见,辽河群地层含量高达 20 多毫克/克,鞍山群矿石与围岩多数均在 20 毫克/克以下,特别是歪头山、弓长岭的贫铁矿层更显著,含氨基酸 10 毫克/克以下,氨基酸含量说明,辽河群较新,鞍山群较老。

6. 构造类型

张湖将构造类型划分出两种:①弓长岭式发生了六次构造活动,属于鞍山群含铁岩系;②鞍山式发生了五次构造活动,相当辽河群含铁岩系。因此,从构造上分析得出,较老的鞍山群比较新的辽河群其构造活动次数要多。

从以上多方面资料看出,本区含铁建造时代明显分为老的鞍山群含铁建造和较新的辽河群含铁建造,其间有明显的间断与强烈的构造运动,形成两者的不整合关系和辽河群下的底砾岩(炮台山砾岩),较老的鞍山群至少遭到两次强烈的区域变质作用(23—24 亿年与 17—19 亿年),有六次构造活动,而较新的辽河群仅遭受较晚的一期(17—19 亿年)区域变质,有五次构造活动。鞍山群时代,似乎应在 24—31 亿年间,属中晚太古代,辽河群等于或老于 17—19 亿年(20 亿年左右),为早元古代。从年龄看,东西鞍山眼前山一带,可能比较新,属元古代的辽河群,还有待进一步证实。

(二) 变质岩分布和变质相

本区岩石种类繁多,变质相也不是单一的,不同地区有所区别。

(1) 抚顺清原一带,主要分布的地层是石硼子组和通什村组,包括的主要岩石是斜长角闪岩、石榴角闪岩(含辉石)、黑云母斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、石榴黑云母斜长片麻岩、矽线黑云母斜长片麻岩等。在小莱河、萝布坎子等矿区于铁矿石中含有斜方辉石、莱

河矿、铁橄榄石、铁闪石等。根据 101 队和我队的斜方辉石化学分析结果,经计算其组成为 $E_{11}F_{89}-E_{17}F_{83}$,折光率 $N_m \cong 1.760$,是属于铁辉石,还达不到铁紫苏辉石范围。关于莱河矿 + 磁铁矿 + 铁辉石 + 铁橄榄石组合,我队王声远和高平等^{13,14}进行了热力学计算,认为莱河矿是属于高温高压(>10 千巴)矿物或是 f_{O_2} 异常结果,即为铁橄榄石局部氧化而成。镜下观察,铁闪石是交代铁辉石而成,应属退变质产物。因此,根据磁铁矿、铁辉石、铁橄榄石、莱河矿几种矿物均系非含水矿物,从这些矿物中铁的价态分析,该矿物组合应是在相对还原环境下及相对高温高压条件下形成的,即相当麻粒岩相至铁铝榴石角闪岩相的产物。

在上述广泛分布的变质岩中,主要矿物组合有¹⁾: $Hb + Pl + Q-Hb + Bi + Pl + Q-Gr + B_1 + Pl + Q-Sel + B_1 + Pl + Or + Q$,特别是从 $Sel + Bi$ 或 $Gr + Sel$ 及 $Hb + Pl$ (更中长石)共生关系分析,应属高温中压的夕线黑云母相或铁铝榴石角闪岩相中的夕线-铁铝榴石亚相。

(2) 歪头山地区,分布着山城子组、烟龙山组、大峪沟组地层,主要变质岩是斜长角闪岩、云母石英片岩、黑云变粒岩、透闪磁铁矿石英岩、石榴绿泥(黑云母)石英片岩,其主要矿物组合是: $Hb + Pl-B_1 + Q-B_1 + Pl + Q-Gr + Bi$ 等,根据 $Gr + B_1-Hb + Pl$ 及局部出现的十字石等,也可划入铁铝榴石角闪岩相,不过温压条件似乎要低于前者,属于铁铝榴石角闪岩相中的十字石-石英亚相。

(3) 弓长岭地区,主要是茨沟组(部分大峪沟组),其岩石包括斜长角闪岩、角闪岩、黑云母钠长变粒岩、绿帘斜长角闪岩、钠长角闪岩,还有部分属于接触变质或晚期退变质产物,如石榴云母片岩、十字石绢云母石英岩、石榴绿泥片岩、白云母石英岩,及局部含矽线石的岩石等将在另节内讨论。因此,对早期区域变质形成的岩石特征矿物组合有: $Pl + Hb + Q-Hb + Ep + B_1-B_1 + Ab + Hb$ 等,其中以 $Pl + Hb$ 为特征,特别是 Ep, Ab 具有相当普遍地分布,表明属于角闪岩相或绿帘角闪岩相。

(4) 庙儿沟地区,主要岩石也是斜长角闪岩、变粒岩、石英岩、黑云母斜长片麻岩等,基本岩石特点类似于弓长岭地区,但是含铁石英岩的特征与变质程度接近歪头山地区,多含透闪磁铁矿石英岩,故其变质相似乎应属于角闪岩或铁铝榴石角闪岩相。

(5) 樱桃园—西大背(包括祁家沟)一带,主要分布的岩石是绢云母绿泥石英片岩、绿泥片岩、角闪黑云斜长石英片岩、变粒岩、含石榴石残晶的石英斜长角闪岩等,其主要矿物组合是: $Se + Chl + Q-Hb + Bi + Pl + Q-Gr + Pl + Hb + Q-Chl + Q$ 等,亦应属于绿帘角闪岩相(部分岩石中的矿物组合,如 $Chl + Q-Se + Chl + Q$ 等可能属退变质产物,将另作讨论)。

(6) 东西鞍山眼前山一带,主要分布的岩石是绿泥石英和绢云母石英千枚岩、绢云母绿泥片岩、石英绿泥片岩、阳起钠长石英片岩、绢云母石英片岩等,其主要矿物组合是: $Se + Chl + Q-Se + Q-Chl + Q-Act + Ab + Q$ 等,属于典型的绿片岩相中的石英-钠长石-白云母-绿泥石亚相。

总括本区变质程度的资料,属非单一变质相,各区变质程度不完全一样,抚顺清原一

1) Hb —角闪石 Pl —斜长石 Q —石英 Bi —黑云母 Gr —石榴石 Sel —矽线石 Or —正长石 Ep —绿帘石
 Ab —钠长石 Se —绢云母 Mv —白云母 Chl —绿泥石 Act —阳起石 Amp —角闪石类 Tr —透闪石
 Cum —镁铁闪石 Hem —赤铁矿 F —铁辉石 E —顽火辉石

带属铁铝榴石角闪岩相至麻粒岩相,歪头山-庙儿沟是铁铝榴石角闪岩相,弓长岭-樱桃园为角闪岩相或绿帘角闪岩相,东西鞍山一带属绿片岩相。现将各区特征矿物组合投至 H. Gruss¹⁾ 的图解上(图 1),可见西部地区即东西鞍山区常见绿泥石、白云母(绢云母)、石英,偶见石榴石等矿物组合,大体为 I 区的稳定范围,温度在 500°C 以下,压力为 2000—4000 巴;向东是弓长岭-樱桃园一带²⁾,特征矿物组合为角闪石、钠长石、黑云母、白云母、石英,偶见石榴石等,相当于 II 区的稳定范围,温度约 600°C 左右、压力是 3000—5000 巴;向东北的歪头山-庙儿沟、抚顺一带,特征矿物组合是矽线石、铁铝榴石、蓝晶石以及常伴生重熔混合花岗岩,故稳定在 III 区范围,温度为 600—700°C,压力为 5000—8000 巴,局部麻粒岩相将有更高的温度和压力。根据 F. J. Turner³⁾ 等资料,绿片岩相的温度大于 300°C,压力为 3000—4000 巴,角闪岩相(包括绿帘角闪岩相、铁铝榴石角闪岩相)约为 500—700°C,麻粒岩相的温度大于 750°C,压力为 4000—13000 巴,从以上几方面资料对照看,温压条件基本是一致的,只是我们推测的 I 区绿片岩相温度略高一些,但是比 B. C. Соколов 所推测相的温度要低⁴⁾。

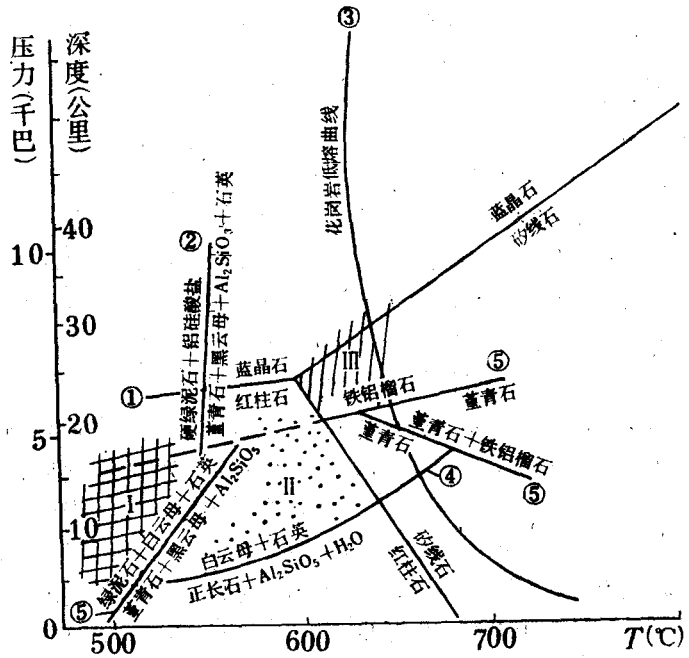


图 1 鞍山一带变质相 $T-P$ 可能变化范围及花岗岩熔化关系(原图据 H. Gruss, 略作修改)

①阿尔特豪斯 1967; ②霍舍克 1967; ③塔特尔与鲍温 1958; ④埃万斯 1965; ⑤布尔什别尔格和温克勒 1968。

I. 东西鞍山区; II. 樱桃园、弓长岭地区; III. 歪头山、抚顺一带。

(三) 岩石化学、微量元素地球化学与原岩恢复

1. 岩石化学与原岩恢复

根据本区 123 个铁矿围岩的化学分析结果,经计算投至 H. Л. 谢缅年柯(1966)的

1) H. Gruss: 利比亚地质和圭亚那地质的铁英岩铁矿 1975

2) 指恢复寒岭断裂错动前的位置(据本书张湖研究)

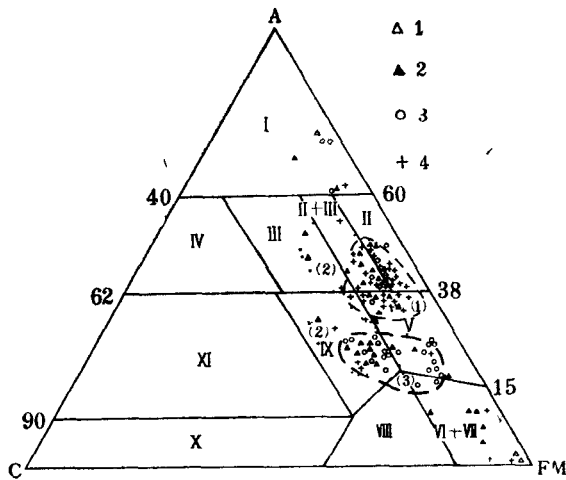


图2 鞍本一带铁矿围岩化学成分恢复原岩图解(据 Семененко 1966 方法)

I. 铝硅酸盐亚组; II. 铁镁铝硅酸盐亚组; III. 正变质碱土-铝硅酸盐亚组; IV. 钙铝硅酸盐亚组; V. 钙铝土镁铁硅酸盐亚组; VI. 铁硅质岩亚组; VII. 正变质的镁质超基性岩亚组; VIII. 正变质的碱土少铝土质超基性岩亚组; IX. 正变质碱土铝土质基性岩亚组; X. 碱土钙碱系列的钙质碳酸盐亚组; XI. 碱土钙质系列的铝土钙质岩亚组。

1. 歪头山-抚顺区; 2. 弓长岭、庙儿沟地区; 3. 王家堡子一带; 4. 东西鞍山一带。

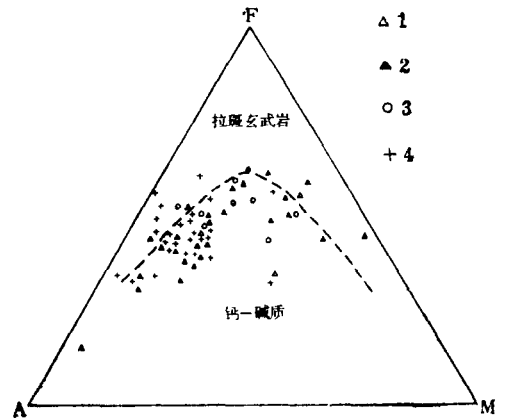


图3 鞍本一带铁矿围岩偏基性岩石化学分析投入 AFM 图解(据麦克唐纳 1968 方法)

1. 歪头山-抚顺地区; 2. 弓长岭地区; 3. 王家堡子一带; 4. 东西鞍山一带。

A-C-FM 图解(图2)大体可看出:

1) 东鞍山-西鞍山-眼前山一带(1), 多集中 II 区附近, 即原岩为铁镁铝硅酸盐亚组, 属铁镁铝硅酸盐沉积岩为主的物质;

2) 弓长岭、庙儿沟、北台、歪头山地区的一部分点(2), 偏向 II + III 区附近, 原岩应为正变质的碱土铝硅酸盐亚组与铁镁铝硅酸盐亚组; 另一部分点(2)集中在 IX 区, 属正变质碱土铝土质基性岩亚组, 故这几个区铁矿围岩的原岩是以正变质基性与中酸性火山岩或侵入岩为主导;

3) 樱桃园、王家堡子、胡家庙子一带化学点(3), 多在 IX 与 V 区, 为正变质碱土-铝土质基性岩亚组与铝土镁铁硅质亚组, 亦是以正变质基性火山岩为主, 部分为一些铁硅质岩。

将 123 个化学分析中偏基性样分析结果投入麦克唐纳(1968)的 AFM 三角图内(图3), 多数成分点落在钙碱质火山岩区内, 少数落在拉斑玄武岩区。同样这些分析投入久野(1966)的变化图表内(图4), 多数点落入高铝玄武岩区及碱性玄武岩区, 少数落在拉斑玄武岩区, 也同样证明本区基性火山岩多数是非拉斑玄武岩, 少数属拉斑玄武岩。

2. 铁矿化学成分空间变化

将 183 个矿石化学分析结果投入图 5, 可以看出, 随着远离纵坐标依次分布区是: 东西鞍山区(IV) → 弓长岭庙儿沟区(II) → 歪头山北台区(I) → 红山岭区(V), 大体上反

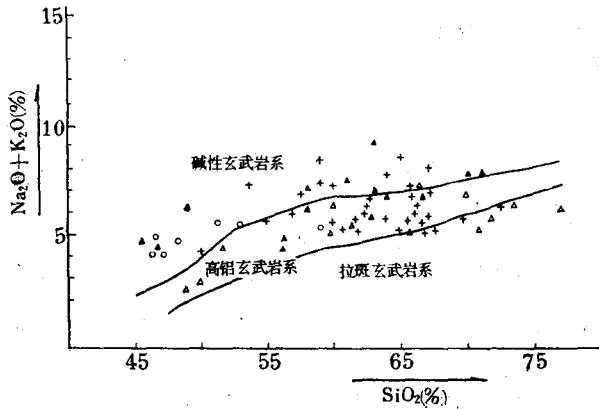


图4 鞍本一带偏基性铁矿围岩碱质与硅质变化图解(据久野 1966 方法)

图例同图3。

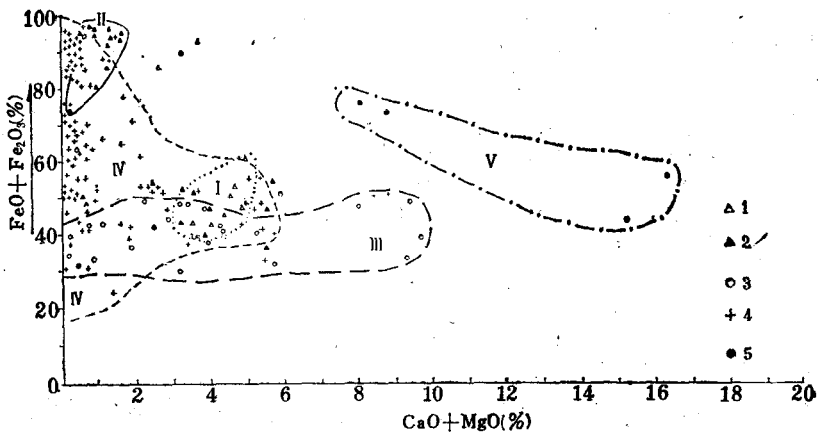


图5 鞍本一带铁矿石 $FeO + Fe_2O_3 - CaO + MgO$ 变化图解(据 183 个化学分析)

1.歪头山-抚顺地区; 2.弓长岭地区; 3.王家堡子一带; 4.东西鞍山一带; 5.红山岭区。

映出自西向东的变化,即自西向东,矿石中逐渐增加 $CaO + MgO$ 的含量。同样这些分析投入三角图(图6),东西鞍山区集中在顶点 Fe_2O_3 附近(I),而弓长岭、庙儿沟、歪头山、北台等集中另一区(II),樱桃园、胡家庙子介于两者之间(III),表明由西向东,是由氧化向还原方向发展。

以上说明,矿石的化学成分,由西而东空间上是有变化的,愈向东 Ca, Mg 有愈高的趋势。在原岩恢复上,西部东西鞍山一带原岩似乎以铁镁铝硅酸盐沉积为主。自樱桃园向弓长岭、庙儿沟、歪头山、北台等地则以基性和中基性火山岩为主。

3. 微量元素地球化学与原岩恢复

用光谱半定量和定量分析以及 X 荧光分析测定了不同地区岩石和矿石中微量元素,目的是作为判定变质岩恢复原岩的方法之一。一般认为基性岩中 Sr/Ba 值最大,沉积岩中小于 1,泥质岩中小于 0.7。从表 2 中可见,东鞍山-眼前山一带,岩石中 Sr/Ba 小于 1,特别是东鞍山尤为明显(0.308),只有 0.7 的一半,是否可作为陆源沉积的一个标志,而王