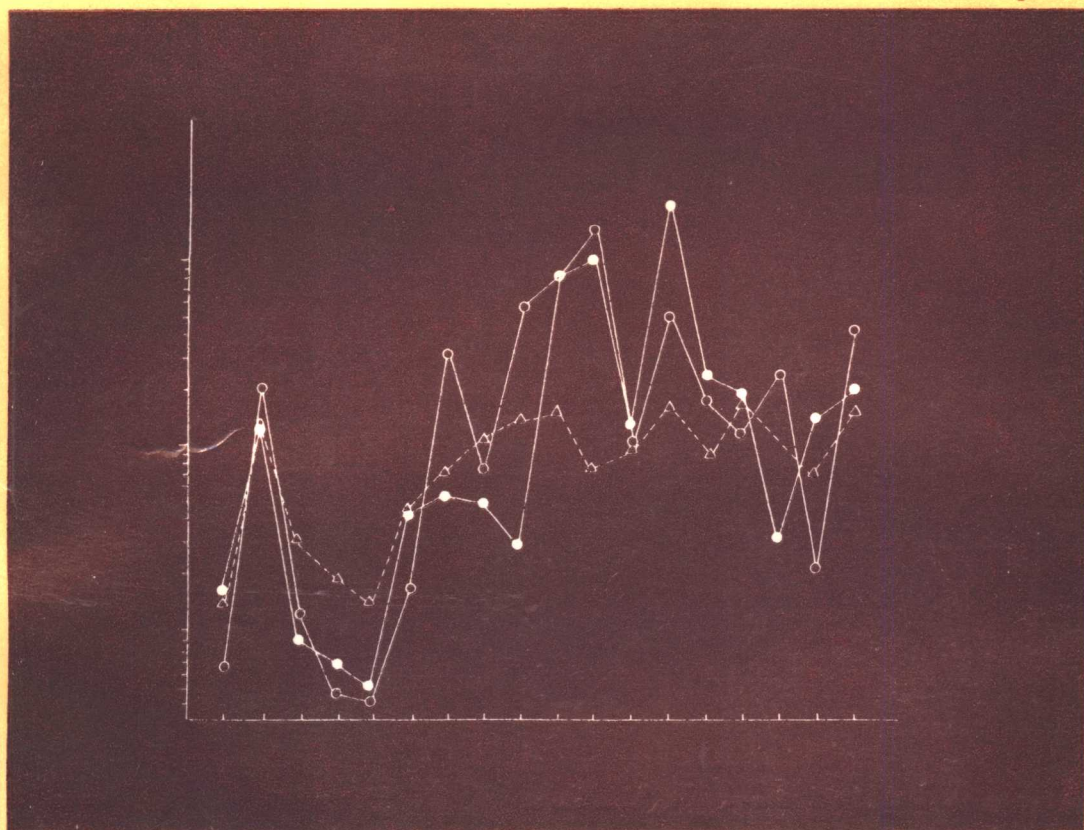


五台山绿岩带铁建造金矿

骆 辉 彭晓亮 赵运起 著



地质出版社



国家重点黄金科技攻关项目

五台山绿岩带铁建造金矿

骆 辉 彭晓亮 赵运起 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字085号

内 容 提 要

五台山绿岩带产有我国较典型的铁建造金矿。本专著是国家重点黄金科技攻关项目“中国主要金矿类型及成矿区带远景预测”的成果之一。作者在研究区域地质地球化学背景的基础上,以铁建造金矿为中心,以对比研究为手段,采用多学科综合研究方法,提出本区铁建造金矿有铁建造金矿和含铁岩系金矿两种类型,并且详细研究了各类型金矿的地质地球化学特征,探讨了成矿作用,建立了成矿模式。本书可供从事金矿地质工作的生产、科研和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

五台山绿岩带铁建造金矿/骆辉等著.-北京:地质出版社,1994.12

ISBN 7-116-01791-7

I.五… II.骆… III.金矿床-成矿作用-五台山 IV.P618.510.1

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第14342号

地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑:白 铁

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销
开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 5.5 铜版图: 2页 插页: 2页 字数: 122000
1994年12月北京第一版·1994年12月北京第一次印刷
印数: 1—600册 定价: 7.90元
ISBN 7-116-01791-7

P·1426

前 言

铁建造金矿是太古宙绿岩带中常见的金矿类型,在津巴布韦、加拿大、澳大利亚、美国、印度、巴西、坦桑尼亚等国都有产出,是津巴布韦黄金生产中主要金矿类型。这类金矿在我国罕见,五台山绿岩带铁建造金矿引起我国金矿地质工作者的关注。

五台山早前寒武纪地质,一直为中外地质学家所关注。从1871年李希霍芬起,已有一百多年的研究历史,积累了丰富的地质矿产资料。80年代以来,地质研究工作进入黄金时代,开展了广泛的基础地质和矿产地质研究工作,完成了大量的1:5万区域地质调查,出版了许多专著,发表了大量文章,其中包括李树勋、冀树楷等著的《五台山变质沉积铁矿地质》,白瑾主编的《五台山早前寒武纪地质》,白瑾、王汝静等著《五台山早前寒武纪重大地质事件及其年代》等。这些专著为本专题研究提供了充分的基础。80年代后期,山西地质矿产局地质科学研究所的田永清、陈俊民等,211地质队,212地质队,山西冶金地质研究所的林枫、曹国雄等,天津地质矿产研究所沈保丰等,开展了对五台山铁建造金矿的研究,出版了由田永清主编的《五台山-恒山绿岩带地质及金的成矿作用》专著,完成了由山西地质矿产局地质科学研究所进行的《灵丘北山绿岩型层控(状)金矿地质地球化学特征》研究报告和沈保丰、骆辉等进行的《辽宁清源山西五台太古宙地体中金矿地质特征和靶区预测》研究报告。这些成果为本书的主要参考借鉴资料。

本书是在由天津地质矿产研究所和山西地质矿产局211队共同承担的国家重点黄金科技攻关项目“中国花岗岩-绿岩地体金矿地质特征、矿床模式及远景预测(90051-01)”的三级课题《五台山东部绿岩带铁建造金矿地质特征成矿条件及远景预测(90051-01-6-1)》研究的基础上完成的,并参考了分别由田永清和曹国雄主持的《五台山西部绿岩带金矿地质及远景预测》和《五台山绿岩带岩头一宽滩一康家沟一带绿岩型金矿找矿前景》研究报告的部分成果。本书主要是研究五台山绿岩带铁建造金矿的成矿地质背景、金矿类型、地质特征、控制地质条件、成矿作用,进而预测成矿远景。在1991—1994年的三年中,笔者在前人工作基础上,以野外地质调查为基础,以铁建造金矿为中心,对区内地层、岩石、构造、变质作用等基础地质和盘道沟一庙顶庵、鹿沟、磨峪沟、陡岭沟、北沟以及康家沟、小板峪金矿的地质地球化学进行了多学科综合分析研究。研究工作表明,五台山绿岩带铁建造金矿产于两个铁建造层位,分为铁建造型和含铁岩系型二种金矿类型;五台山铁建造金矿与国外富硫富砷型铁建造金矿不同,它是属于贫硫贫砷型铁建造金矿。在本书中,笔者详细研究了金矿的地质特征,总结了成矿的主要地质条件,探讨了成矿作用,建立了成因模式,预测了成矿远景。

本书是集集体劳动成果。参加研究工作人员有天津地质矿产研究所骆辉、彭晓亮、赵运起,山西地矿局211队赵必光。由骆辉、彭晓亮、赵运起三人分工执笔,骆辉统编。在编写过程中,得到山西地质矿产局孙继元总工程师,山西地质矿产局地质科学研究所田永清、陈俊民,211队杨志庚,山西冶金地质研究所林枫和曹国雄,天津地质矿产研究所沈保丰等人的大力支持。初稿完成后,李廷栋院士、孙继元高级工程师(教授级)、杨敏之教授、沈

保丰研究员、张维根高级工程师（教授级）、孙培基高级工程师和田永清高级工程师对全书进行了审阅，并提出许多宝贵意见。笔者对他们的辛勤劳动和支持表示感谢。

作 者

1994年6月

目 录

前言 (骆辉)

第一章 花岗岩-绿岩带 (彭晓亮)	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 表壳岩建造的层序及岩石组合	(2)
第三节 表壳岩建造的地球化学及成岩构造环境讨论	(3)
一、变火山岩类	(3)
二、变泥质岩-杂砂岩类	(10)
三、变化学沉积岩类	(10)
第四节 花岗质岩石	(10)
第五节 变质作用	(11)
一、变质作用的基本地质特征	(11)
二、变质矿物的共生和转变	(12)
三、变质作用的 P - T 条件及演化	(13)
第六节 同位素地质年代学	(13)
第二章 条带状铁建造 (彭晓亮)	(15)
第一节 铁建造的层位和分布	(15)
第二节 铁建造的岩石学和地球化学	(16)
第三节 铁建造的形成环境	(21)
第三章 金矿带构造变形 (赵运起)	(23)
第一节 金矿带的构造变形类型	(23)
第二节 构造变形特征	(23)
一、强韧性变形带的变形特征	(23)
二、弱韧性变形带的变形特征	(29)
三、脆性断裂变形带的变形特征	(30)
四、变形分析及构造演化	(31)
第四章 铁建造金矿 (骆辉)	(33)
第一节 铁建造金矿类型	(33)
第二节 铁建造金矿	(33)
一、盘道沟-庙顶庵金矿	(33)
二、康家沟金矿	(46)
三、小板峪金矿	(48)
第三节 含铁岩系金矿	(49)
一、含铁岩系中浸染型金矿	(49)
二、含铁岩系中石英脉型金矿	(57)
第五章 成矿地质条件 and 对比 (骆辉)	(59)
第一节 成矿地质条件	(59)

一、地层条件	(59)
二、岩性条件	(59)
三、沉积相条件	(60)
四、构造变形条件 (赵运起)	(60)
第二节 与国内外铁建造金矿的对比	(61)
第六章 金的成矿作用和成矿模式 (骆辉)	(63)
第一节 成矿物质和成矿流体	(63)
一、成矿物质	(63)
二、成矿流体	(66)
第二节 金的运移和沉淀	(69)
一、金的运移	(69)
二、金的沉淀	(70)
第三节 成矿温度和压力	(70)
第四节 成矿模式	(71)
结束语 (骆辉)	(73)
参考文献	(75)
英文摘要 (彭晓亮)	(77)
图版说明及图版	(80)

Content

Preface

Chapter 1 Granite-greenstone belt	(1)
1.1 Intruduction	(1)
1.2 The Sequence and rock assemblages of supracrustal rock formation	(2)
1.3 Geochemistry and tectonic setting of the supracrustal rock formation	(3)
1.3.1 Metamorphic volcanic rocks.....	(3)
1.3.2 Metamorphic argillite-graywackes.....	(10)
1.3.3 Metamorphic chemical sedimentary rocks.....	(10)
1.4 Granitic rocks	(10)
1.5 Metamorphism	(11)
1.5.1 Geological features of the metamorphism.....	(11)
1.5.2 Assemblages and transformation of metamorphic minerals.....	(12)
1.5.3 Evolution of metamorphism.....	(13)
1.6 Isotopic geochronology	(13)
Chapter 2 Banded iron formation (BIF).....	(15)
2.1 Distribution and sequence of BIF.....	(15)
2.2 Petrology and geochemistry of BIF.....	(16)
2.3 Depositional environment of BIF.....	(21)
Chapter 3 Tectonic deformation of the gold mineralized zones.....	(23)
3.1 Types of the tectonic deformation of gold mineralized zones	(23)
3.2 Characteristic of tectonic deformation.....	(23)
3.2.1 Deformed features of intense ductile deformed zones	(23)
3.2.2 Deformed features of weak ductile deformed zones.....	(29)
3.2.3 Deformed features of brittle faults.....	(30)
3.2.4 Deformation analysis and tectonic evolution.....	(31)
Chapter 4 Gold deposits in BIF.....	(33)
4.1 Types of gold deposits in BIF.....	(33)
4.2 Gold deposits in BIF.....	(33)
4.2.1 Pandonggou-Miaodinan gold deposit.....	(33)
4.2.2 Kangjiagou gold deposit.....	(46)
4.2.3 Xiaobanyu gold deposit	(48)
4.3 Gold deposits in BIF-bearing rock series.....	(49)

4.3.1 Disseminated type's gold deposits in BIF-bearing rocks.....	(49)
4.3.2 Quartz vein type's gold deposits in BIF-bearing rocks.....	(57)
Chapter 5 Geological conditions and contrast of metallogeny.....	(59)
5.1 Ore-forming conditions.....	(59)
5.1.1 Stratigraphic condition.....	(59)
5.1.2 Lithological condition	(59)
5.1.3 Sedimentary facies condition.....	(60)
5.1.4 Tectonic deformation condition.....	(60)
5.2 Compared with the gold deposits of BIF in the world.....	(61)
Chapter 6 Gold mineralization and metallogenic model.....	(63)
6.1 Ore-forming materials and fluids.....	(63)
6.1.1 Ore-forming materials.....	(63)
6.1.2 Ore-forming fluids.....	(66)
6.2 Migration and precipitation of gold.....	(69)
6.2.1 Migration of gold.....	(69)
6.2.2 Precipitation of gold	(70)
6.3 Mineralized temperature and pressure.....	(70)
6.4 Metallogenic model	(71)
Conclusion.....	(73)
References	(75)
Summary	(77)
Explanations of plates and Plates.....	(80)

第一章 花岗岩-绿岩带

第一节 概 述

五台山花岗岩-绿岩带位于华北陆台中部，大致呈NEE向分布于五台山区。与之毗邻的北部为恒山陆块，南部为阜平陆块。花岗岩-绿岩带主要由以绿岩为主的一套表壳岩建造和以TTG岩系、钾质花岗岩系为主的一套深成岩建造组成。这套表壳岩建造在本区习惯上称为五台群，由一套变火山-沉积岩系组成，岩石呈层性较好，顶底界限清楚。其下伏地层为龙泉关群（或阜平群），上覆地层为滹沱群。它们与五台群均为角度不整合接触。花岗质深成岩建造是不同期次花岗质岩浆多次侵位复合的产物，与表壳岩建造为侵入接触。两套建造均遭受了绿片岩相-角闪岩相的区域变质和多期构造变形。因此，目前保存的花岗岩-绿岩带的总体构造格架是一复式向形构造，并被若干韧性剪切带所肢解（图1-1）。对表壳岩建造和花岗质岩石的同位素地质年代学研究表明，五台山花岗岩-绿岩带的形成时限为晚太古代（白瑾等，1992）。

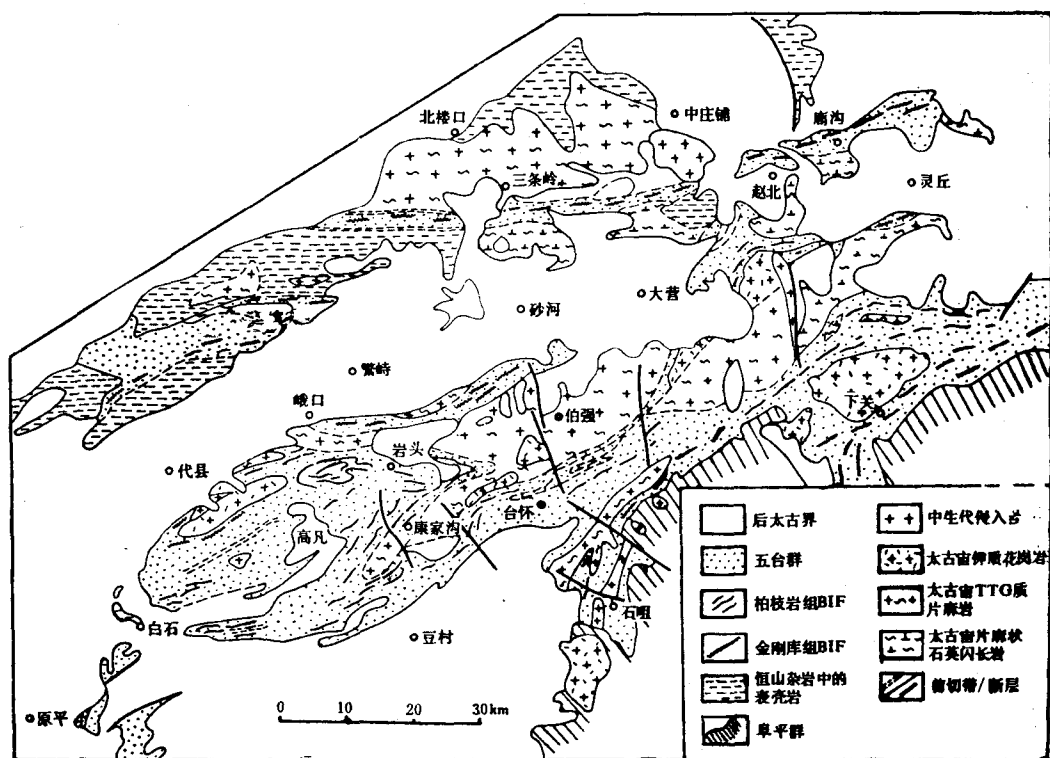


图 1-1 五台山花岗岩-绿岩带及条带状铁建造地质分布图

第二节 表壳岩建造的层序及岩石组合

五台山区表壳岩建造地层层序的划分经历了多次变革,随着研究程度的不断深入,划分方案也在不断地修正。在众多的划分方案中,较有影响的是白瑾等(1980, 1986)依据区域不整合面,结合变质-变形特征所建立的五台群三分方案。他们认为五台群是以铁堡不整合覆于龙泉关群之上,并被滹沱群不整合覆盖的有内在成因联系的一套地层。在五台群内部,又根据两个地区性不整合面(甘泉不整合和探马石不整合)进一步划分为三个亚群,从下到上依次为石咀亚群、台怀亚群和高凡亚群,并在各亚群内部根据火山-沉积旋回性和岩石组合特征等共分出八个组。80年代末,随着1:5万区域地质调查工作的全面展开及详细的地质构造填图的完成,证明原划分石咀亚群和台怀亚群之间的甘泉不整合面实属五台群与滹沱群之间的不整合。据此,田永清等(1991)将原划分的下部两个亚群合二为一,将五台群以探马石不整合面这个代表沉积环境发生巨大变化的界面分为上、下两个亚群,并认为文溪组和柏枝岩组是地层层位相当而变质程度显著不同的两个组(表1-1)。

表 1-1 五台山区五台群划分方案对比表

白瑾等 (1986)				田永清等 (1991)			
古元古界	滹沱群		四集庄组	古元古界	滹沱群		四集庄组
新太古界	五台群	高凡亚群	羊蹄沟组 洪寺组		五台群	高凡亚群	鹁口前组 磨河组 张仙堡组
		台怀亚群	鸿门岩组 柏枝岩组			石咀亚群	鸿门岩组 柏枝岩组 / 文溪组 庄旺组 金刚库组 板峪口组
		石咀亚群	文溪组 庄旺组 金刚库组 板峪口组				
龙 泉 关 群			新太古界	阜平群及恒山杂岩			

本专题组在综合分析现有资料和野外地质考察后认为田永清等对五台群的二分方案可能更确切些。但是,我们认为五台群的形成时代应为晚太古代。此外,在板峪口组与金刚库组之间存在一条大型韧性逆推覆剪切带,板峪口组与金刚库组之间不是上下关系,而是不同构造岩石组合的构造叠置(白瑾等, 1992)。另外,置于高凡亚群上部的一套变基性火山岩建造(即鹏口前组)分布面积仅 6 km²,是否属于该亚群也值得商榷,从岩石组合上看,似乎与下部的浊积岩系不协调。

重新划分的五台群下部亚群——石咀亚群仍然包括 6 个组,从下到上各组的岩石组合特征如下:

1. 板峪口组:主要出露在五台山区的东南部,并向东延伸至阜平板峪口村和灵丘下关一带,其下部为变质含砾石英岩、长石石英岩;中部为黑云变粒岩、方柱黑云变粒岩、透闪

变粒岩、透闪大理岩、金云母大理岩夹少量斜长角闪岩；上部为细粒石英岩。在石英岩中可见许多变余沉积构造，如波痕、交错层、韵律层等。原岩为一套陆源碎屑沉积岩夹碳酸盐岩。方柱变粒岩中的豆状构造和角砾状透闪方解大理岩的出现可能代表了滨浅海侵蚀-沉积交替出现的动荡环境。

2. 金刚库组：下部为含铁岩系，主要由黑云变粒岩、斜长角闪岩夹磁铁石英岩组成；上部为富铝岩系，主要由二云片岩、白云母石英片岩和变粒岩组成，以富含蓝晶石、夕线石、十字石和石榴石为特征。其中下部含铁岩系是金刚库组的主体。其原岩下部为变基性熔岩、基性-中性火山凝灰岩夹碎屑岩、硅铁质沉积岩，局部地段有超基性岩产出；上部主要为粘土质沉积岩或火山凝灰岩。

3. 庄旺组：该组岩性单一，由巨厚的黑云变粒岩夹少量斜长角闪岩组成，局部夹有含蓝晶石、直闪石和十字石的富铝变粒岩。岩石中残留有晶屑凝灰岩组构及由浅粒岩-黑云变粒岩构成的韵律层，其原岩主要为中酸性火山凝灰岩。

4. 文溪组：由一套基性火山岩建造组成，主要由斜长角闪岩、角闪片岩及磁铁石英岩组成，局部夹黑云变粒岩。在角闪质岩石中有时可见保存完好的杏仁、气孔等构造。

5. 柏枝岩组：主要为一套绿片岩相变质的火山岩建造，由绿泥片岩、绿帘钠长绿泥片岩、绿泥绢云斜长片岩夹绢云石英片岩及多层磁铁石英岩组成。原岩主要为基性-中基性、中酸性熔岩及相应成分的凝灰岩夹硅铁质沉积岩。从下到上具有明显的旋回性，下部为基性火山熔岩夹火山凝灰岩，向上过渡为中酸性火山岩夹火山碎屑沉积岩。

6. 鸿门岩组：主要由绿泥钠长片岩、绿泥绢云片岩、绢云钠长片岩和绢英片岩组成。底部有时夹少许薄层大理岩和长石石英岩。本组旋回性也较明显，下段除底部有少量变碎屑岩外，基本上以绿泥片岩为主，属于变中基性-中酸性的火山岩；上段以绿泥绢英片岩、绢英片岩为主，属于变火山-碎屑沉积岩。

五台群上部的高凡亚群主要由细粒石英岩、变粉砂岩、千枚岩等一套次绿片岩相变质岩组成。在厚层块状石英岩中有时可见稀疏分布的浑圆小砾石，波痕和交错层发育，有时还可见卷曲的层纹构造。在砂质千枚岩中发育有色调由浅而深，粒度由粗而细的韵律层。整个亚群自下而上具有明显的沉积旋回性，每个旋回基本上由变细砂岩、粉砂岩-砂质千枚岩-千枚岩或炭质千枚岩组成。

从上述岩石组合特征可以看出，五台群是一套形成于特定构造环境下具有明显旋回性的火山-沉积岩系。板峪口组基本上是一套陆源碎屑沉积岩夹少量碳酸盐岩；金刚库组到庄旺组构成了五台群第一个由镁铁质-长英质的变火山-沉积岩旋回；文溪组或柏枝岩组至鸿门岩组则构成了第二个火山-沉积旋回；在上述两个火山-沉积旋回之后，经过短暂的沉积间断，形成了高凡亚群的浊流型沉积岩系。

第三节 表壳岩建造的地球化学及成岩构造环境讨论

表壳岩建造，按其原岩性质大致可划分为变火山岩类、变杂砂岩-泥质岩类和变化学沉积岩类。现将各岩类的主要地球化学特征及成岩构造环境讨论如下：

一、变火山岩类

变火山岩类岩石主要分布在石咀亚群中，主要包括变镁铁质-长英质熔岩及相应成分

表 1—2 五台群变质基性火山岩的岩石化学分析结果表(%)

层位	样品数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	总和
鸿门岩组	19	52.26	0.88	16.22	3.05	7.56	0.15	5.55	4.08	4.06	0.66	0.17	1.86	3.14	99.64
柏枝岩组	15	48.75	0.69	13.99	3.19	8.49	0.16	6.84	10.04	2.25	0.44	0.11	2.89	2.01	99.85
文溪组	11	49.48	1.08	14.80	3.13	9.32	0.25	6.24	8.26	2.52	0.72	0.58	1.72	1.86	99.96
金刚库组	12	49.03	0.97	14.76	3.29	7.97	0.17	7.89	9.56	2.40	0.59	0.23	1.36	1.32	99.54
细碧岩 (VaLLance)		49.65	1.57	16.00	3.85	6.08	0.15	5.10	6.02	4.09	1.28			3.49	97.28
TH ₁	据康迪	50.2	0.94	15.5	1.63	9.26	0.22	7.53	11.6	2.15	0.22				
TH ₂	1981	49.5	1.49	15.2	2.80	9.17	0.17	6.82	8.79	2.70	0.66				

据白瑾等, 1986。

表 1—3 变火山岩类部分样品的主元素含量(%)

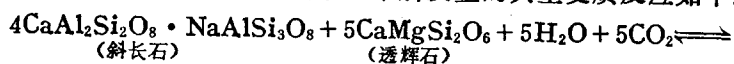
主元素	变镁铁质火山岩类								变安山质-长英质火山岩类					
	柏 枝 岩 组					金刚库组			柏枝岩组				金刚库组	
	93W24	93W46	93W50	89W29	89W60	93W83	93W89	93W140	93W44	93W51	89W34	87W17	88W237	
SiO ₂	50.74	45.92	57.39	49.40	45.02	50.09	48.57	50.90	73.68	70.13	60.52	74.90	58.60	
TiO ₂	0.93	0.71	0.64	0.82	1.22	0.58	1.92	0.89	0.18	0.32	0.45	0.07	0.81	
Al ₂ O ₃	13.56	11.99	14.48	15.68	12.31	14.97	12.22	14.30	15.16	15.59	13.50	14.25	15.79	
Fe ₂ O ₃	4.88	2.19	3.41	4.57	4.70	2.72	3.28	4.16	1.79	1.23	1.38	1.03	4.88	
FeO	8.21	9.57	8.89	7.13	9.13	8.48	11.20	8.93	2.03	2.82	4.05	0.30	2.24	
MnO	0.26	0.17	0.10	0.15	0.19	0.20	0.13	0.22	0.05	0.06	0.07	0.01	0.20	
MgO	6.78	6.44	5.14	6.31	5.24	8.59	11.10	6.72	0.64	1.54	3.76	0.43	4.54	
CaO	8.72	8.90	1.27	4.52	9.15	9.65	4.63	9.17	0.29	0.47	4.86	0.23	7.21	
Na ₂ O	2.10	0.33	3.03	2.66	2.54	2.59	1.77	2.36	0.42	4.04	2.16	4.94	1.86	
K ₂ O	0.26	0.98	0.61	0.08	0.14	0.31	0.57	0.73	3.92	1.84	1.38	1.70	0.86	
P ₂ O ₅	0.11	0.07	0.16	0.02	0.02	0.14	0.20	0.11	0.10	0.10	0.02	0.02	0.02	
H ₂ O ⁺	2.52	5.72	4.24	4.03	2.9	1.14	2.46	1.44	2.40	1.90	2.85	1.81	2.85	
CO ₂	0.25	7.11	0.60	4.23	7.14	0.60	2.93	0.40	0.27	0.09	4.56	0.24	0.06	
总 量	99.32	100.1	99.96	99.6	99.7	100.06	100.98	100.33	100.93	100.13	99.56	99.93	99.92	

注: 编号为93W者由国家地质测试中心分析, 其余由天津地矿所测试室分析。

的火山碎屑岩。变镁铁质火山岩类主要集中在金刚库组、文溪组/柏枝岩组和鸿门岩组下部,其主元素平均含量见表1—2、1—3。

表 1-4 鸿门岩组不同矿物组合的变镁铁质火山岩的主要元素含量(%)

据白瑾等, 1986.



从上述反应可以看出，绿帘石+绿泥石+钠长石+方解石+石英的矿物组合最能全面反映变质前镁铁质火山岩的成分，绿帘石或方解石、钠长石和石英细脉则是这种变质分异最终的结果。由此可见，鸿门岩组变镁铁质火山岩中的细碧岩很可能是变质分异的结果，

表 1—5 变火山岩类部分样品的稀土及微量元素含量(10^{-6})

元素	变镁铁质火山岩类								变安山质-长英质火山岩类				
	柏 枝 岩 组					金 刚 库 组				柏 枝 岩 组			金 刚 库 组
	93W24	93W46	93W50	89W29	89W60	93W83	93W89	93W140	88W237	93W44	93W51	89W34	87W17
La	7.28	4.0	9.60	2.78	3.74	15.6	7.61	8.07	11.74	8.67	9.03	9.13	12.66
Ce	16.7	8.9	19.9	8.16	10.98	34.7	17.2	17.7	29.22	17.9	16.0	21.75	26.42
Nd			8.15	6.18	8.03			10.9	16.77	7.41	8.11	10.11	10.54
Sm	2.63	1.27	2.04	2.16	2.68	3.58	3.27	2.38	3.90	1.24	1.31	2.03	1.74
Eu	0.894	0.536	0.61	0.87	0.96	1.21	1.13	0.95	1.01	0.39	0.42	0.62	0.31
Gd				3.14	3.91				4.50			2.13	1.08
Tb	0.691	0.31	0.61	0.52	0.73	0.77	0.63	0.46	0.65	0.15	0.29	<0.3	<0.3
Dy				2.77	3.99				3.59			0.56	0.92
Er				1.62	2.98				2.63			0.42	0.50
Yb	2.45	1.61	2.09	1.32	2.86	2.24	5.81	2.41	2.57	0.91	0.49	0.42	0.46
Lu	0.32	0.25	0.31	<0.1	0.18	0.31	0.98	0.38	0.19	0.16	0.07	<0.1	<0.1
A①	1.96	1.64	3.03	1.39	1.10	4.599	0.865	2.21	3.02	6.29	12.16	14.35	18.17
Sc	48.3	35.3	18.3	34.7	34.23	43.8	49.6	44.8	17.69	2.31	5.85		0.89
Cr	85.8	231.0	70.0	187.5	55.30	822	243	122	132.5	5.43	17.6	129.2	25.97
Co	58.2	37.6	18.3	32.87	34.50	55.3	50.2	56.8	19.92	3.84	11.8	16.13	<1
Zn	317	188	170	117.5	2729	92.1		182	92.15	92.2	47.3	83.07	16.1
As	2.79	0.69	1.31							2.5	1.64		
Sb	17.1	0.37	0.56			0.15		0.36		0.73	0.45		
Rb	7.46	42.0	11.3				24.2	44.7		99.7	49.7		
Cs		0.68				0.37		1.29		0.96	0.55		
Sr				51.11	120.60			78.8	85.62	177		92.5	12.54
Ba		137		11.99	24.12		312	134	401.7	481	237	457.2	36.08
Zr				2.4	2.80				9.81	102		27.9	53.2
Hf	1.54	0.81	2.65			1.44	3.58	1.61		3.26	2.92		
Ta	0.15	0.23	0.29			0.12	0.42	0.14		0.28	0.32		
U		0.15					0.59			0.81	0.06		
Th	0.45		1.20	3.79	<3.0	1.75	1.67	0.77		2.41	1.51	<3.0	

① $A = (La/Yb)_N$, 编号为93W者为中子活化分析结果, 编号为89W者为国家地质测试中心等离子分析结果。

其原岩基本上属于钙碱性玄武岩类。

变火山岩类的稀土及微量元素含量见表1—5。按照地层从下到上的顺序，变镁铁质火山岩的稀土模式由TH₁型演变为TH₂型，即由LREE弱亏损或平坦型转变为LREE富集型。如图1—2，金刚库组斜长角闪岩的稀土模式基本上是平坦型，LREE相对于HREE稍有亏损或富集， $LREE/HREE=0.46-1.23$ ，而庄旺组和文溪组则为LREE富集型， $LREE/HREE=3.85-5.39$ （白瑾等，1986，1992）。我们在金刚库组不同位置的取样分析结果也具有上述类似特征（图1—3），其 $(La/Yb)_N=0.865-4.599$ 。柏枝岩组变镁铁质火山岩的稀土模式同样具有TH₁向TH₂型变化的趋势，其 $(La/Yb)_N=1.10-3.03$ ，但未见有LREE亏损型（图1—4）。

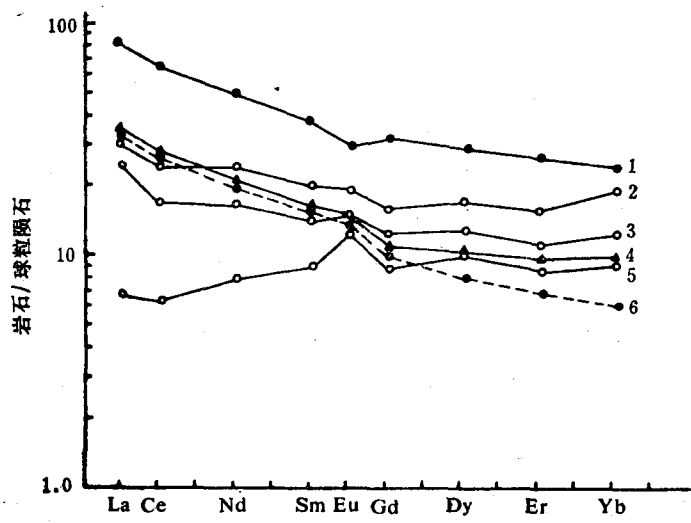


图 1—2 火山岩的稀土模式图
(1、4、6 为庄旺组和文溪组；2、3、5 为金刚库组。据白瑾等，1986，1992资料)

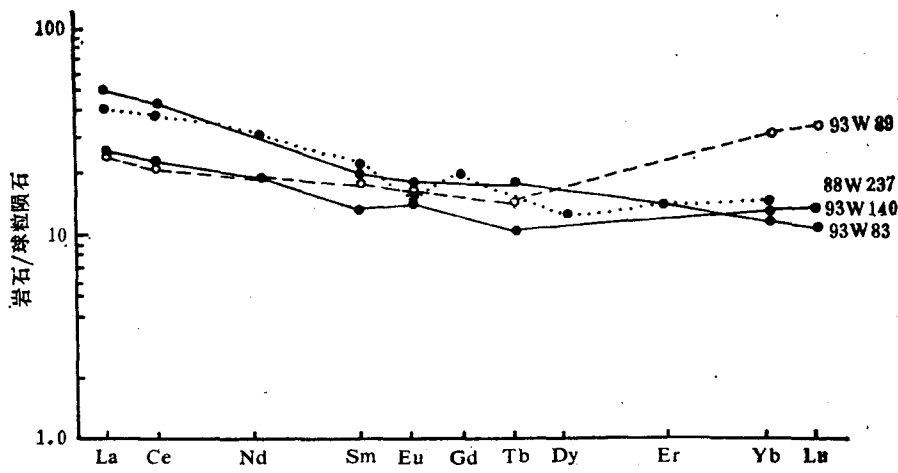


图 1—3 金刚库组变镁铁质火山岩的稀土模式图

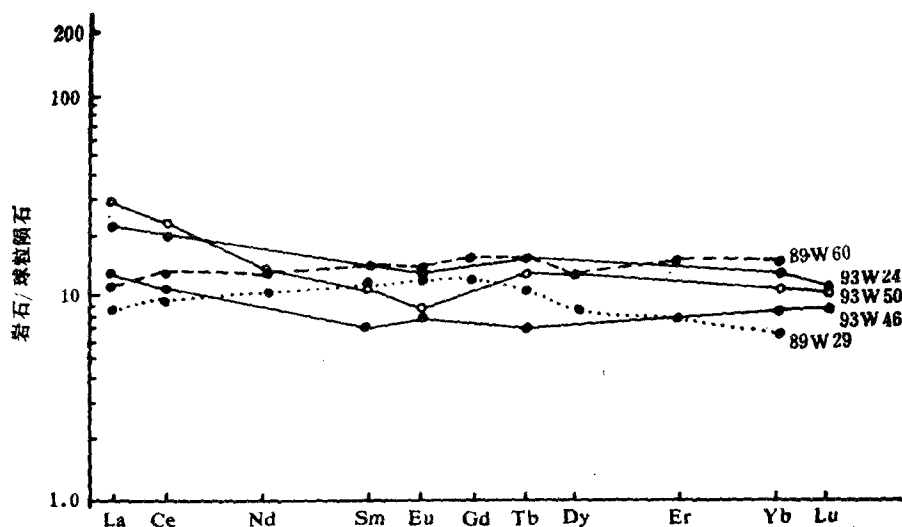


图 1—4 柏枝岩组变镁铁质火山岩的稀土模式图

随着稀土模式由 TH_1 向 TH_2 的变化,即 $(La/Yb)_N$ 比值的增加, MgO 、 Cr 、 Co 等相容元素含量降低,而 Rb 、 Sr 、 Hf 、 U 、 Th 、 Ta 等不相容元素含量有增加的趋势(表1—5)。

上述地球化学特征表明,这套变镁铁质火山岩形成的构造环境类似于现代活动大陆边缘的岛弧环境,稀土及微量元素的变化反映了构造环境经历了由不成熟岛弧向成熟岛弧的演化过程。

变安山质-长英质火山岩类主要分布在庄旺组、柏枝岩组上部和鸿门岩组中,其主要成分特征为 $MgO < CaO$ 、 $K_2O < Na_2O$, FeO 、 MgO 、 CaO 含量较低。但是,随着火山岩中碎屑成分的增加,特别是泥质成分的加入, MgO 和 K_2O 的含量有增加的趋势, MgO/CaO 和 K_2O/Na_2O 的比值可以接近或大于1。其稀土模式为LREE强烈富集型, $(La/Yb)_N = 6.29-18.17$ (图1—5); Rb 、 Sr 、 Ba 等不相容元素含量明显增加,基本类似于岛弧环境

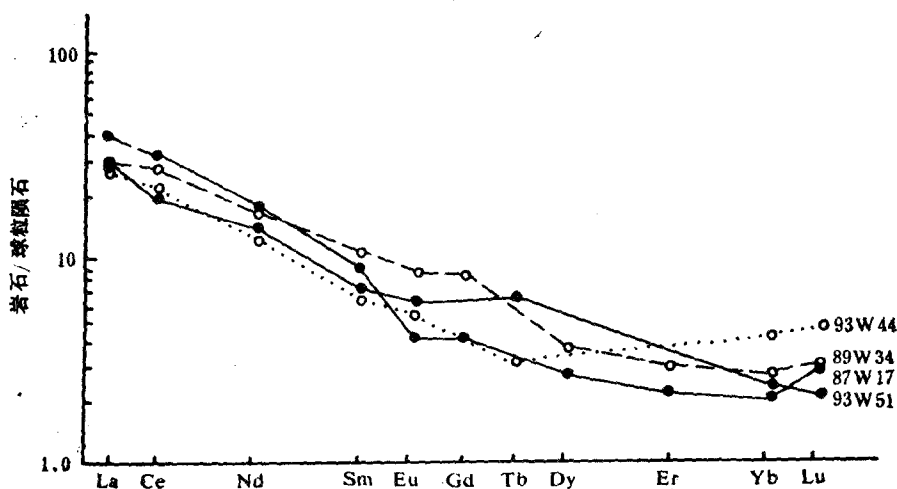


图 1—5 变安山质-长英质火山岩类的稀土模式图