

矾山杂岩体磷-铁矿床

牟保磊 江培谟 曾贻善 阎国翰 著



北京大学出版社

矾山杂岩体磷-铁矿床

THE FANSHAN IGNEOUS COMPLEX AND
APATITE-MAGNETITE

DEPOSIT IN HEBEI PROVINCE, CHINA

牟保磊 江培漠 著
曾贻善 阎国翰

Mu Baolei Jiang Peimo
Zeng Yishan Yan Guohan

北京大学出版社
Peking University Press

内 容 简 介

本书系矾山钾质偏碱性层状超镁铁岩—正长岩中心型侵入杂岩体及其特大型磷—铁矿床的研究专著。该矿床具有层状磁铁磷灰岩和磷灰石岩，是一种新型的矿床类型。书中系统地阐述了杂岩体的地质背景、岩体构造、岩石类型、层状岩系韵律单元的划分、矿床形态及控制因素，以及杂岩体矿物学、岩石化学、锶同位素、氧和氢稳定同位素地球化学、微量元素地球化学和模拟实验地球化学等方面的研究成果。提出了杂岩体及磷—铁矿床成岩成矿模式。

本书可供野外地质工作者和岩石学、矿物学、矿床学及地球化学等方面的研究人员参考，亦可作为大专院校有关专业师生的课外参考书。

Synopsis

This book is a monograph about the Fanshan potassic—alkali ultramafic—syenite layered intrusions of a central type and a most large phosphorus—iron deposit in this igneous complex. This new type of phosphorus iron mineral deposit occurred as layered magnetite—apatite rock and apatite rocks. Some general geology, structures and petrographic classification of this intrusion, dividing of rhythmic unit of the layered rock series and morphology of the ore deposit and related controlling factors were comprehensively described. In the book systematic results on petrochemistry, mineralogy, strontium, oxygen and hydrogen stable isotope geochemistry, major and trace elements geochemistry and experimental geochemistry studies were presented. The authors imagined a model for the formation of the layered intrusions and apatite—magnetite deposit.

This monograph is a helpful reference book for field geologists, petrologists, mineralogists, economic geologists and geochemists.

矾山杂岩体磷—铁矿床

牟保磊 江培谟 等著

责任编辑：姚梅生 崔广振

*

北京大学出版社出版

(北京人学校内)

水电出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 16开本 9.875印张 251千字

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷

印数：0001—3000册

ISBN 7-301-00344-7/P·003

定价：11.50元

序

矾山钾质偏碱性层状超镁铁岩-正长岩杂岩体磷铁矿床是 70 年代中期发现的一个重要类型的矿床。由于这个杂岩体代表着一种特殊的超镁铁岩石的类型和其中赋存有丰富的磷铁矿资源，因而引起了地质学界的密切注意。以牟保磊副教授为首的北京大学地质系矾山磷铁矿研究组，自 1976 年开始和有关地质队密切合作，开展了岩体磷铁矿床的研究工作。本专著是他们研究成果的总结。

矾山地区的杂岩体及其所含的磷铁矿床在我国属于首次发现的类型。这一研究无论在理论上还是今后找寻这一类型的矿床上都有着深远意义。作者从基础地质工作开始，进行了较全面的综合研究，在岩体的地质背景填图、分期和层状岩体的产状及内部结构构造的研究的基础上，进行了深入的岩石学、矿物学和地球化学的研究，包括较多的稳定同位素和微量元素方面的分析工作；通过这一系列的研究，特别是对杂岩体的主要造岩矿物的系统研究，讨论了矿物和岩石的形成条件，并在这一基础上进行了成矿实验，还从不同的角度讨论了杂岩体的岩浆演化及成矿作用的过程，建立了成矿模式。总起来看，本书是一本很有特色的有重要科学意义的论著。

超镁铁岩体的研究既是一个重要的理论课题，在成矿上又有着重要的经济意义。我国这一方面的研究虽然有着一定的基础，但矾山类型的综合研究，本书尚属首创，希望它的出版能引起更多的地质同行们的兴趣，导致这一方面更深入的研究和找出更多的这一磷矿类型，为我国的地质理论和成矿研究取得更丰硕的成果。

董申保

1987.7.6

前 言

矾山钾质偏碱性层状超镁铁岩-正长岩杂岩体中赋存有特大型磷灰石矿床。该矿床不仅储量大,有相当数量的高品位磷矿石,矿石易于分选,而且,磁铁矿也可以综合利用,加之交通方便,因此具有很大的经济价值。

世界上已发现的有经济意义的岩浆型磷灰石-磁铁矿矿床主要产于中心型碱性杂岩侵入体(如苏联科拉半岛希宾)、超基性-基性-碱性岩杂岩体(如巴西亚库皮兰卡)和超基性-碱性-碳酸岩杂岩体(如南非的帕拉博腊)中。这些杂岩体多数富钠,而矾山杂岩体却以富钾为特征,尤为独特的是矾山杂岩体中赋存有层状磷灰石岩和磁铁磷灰岩。矾山型磷灰石-磁铁矿矿床的发现,对我国岩浆型磷灰石矿床找矿,尤其是对华北磷矿地质工作来说是一重大突破。所以,深入地研究该矿床的地质、地球化学特征和形成条件,具有重要的理论和实际意义。

矾山杂岩体,除边缘某些部位出露地表外,大部分为更新世以来的黄土及其他堆积物所覆盖。目前出版的各种比例尺的地质图上均未标出这个岩体。由于岩体处于隐伏状态,因而矾山杂岩体及磷-铁矿床的发现,经历了十分曲折的过程。

1958年地质矿产部航空物探总队首先发现矾山岩体所处位置有磁异常。1960年华北冶金地质勘探公司五一九队完成了该区的大比例尺地面磁测;随后,该公司五一六队于1961、1969、1970年先后三次在异常区钻探,发现了岩体,确认磁异常由岩体造成。1973年为寻找铁矿,五一六队又通过钻探进一步检验磁异常,从而发现了磷灰石矿层。经过几年的地质工作,尤其是1976年大规模的地质勘探,终于查明了矾山杂岩体及磷-铁矿床的基本地质特征,确定了矿床的地质远景,并求得了工业储量。

目前我国磷矿资源主要集中分布在滇、黔、鄂等少数南方省份。三十年来国家为在北方找寻磷矿资源,投入了大量人力和物力,但寻找沉积型磷矿至今没有重大的突破。而变质型和岩浆型磷灰石矿床,特别是岩浆型磷灰石矿床却不断有所发现,矾山磷灰石矿床的发现是最突出的成就。事实表明,在我国北方乃至全国磷矿普查找矿工作中,岩浆型磷灰石矿床应当作为一个重要的找矿方向。矾山型的碱性或偏碱性杂岩体,特别是这类岩体中的镁铁质分异体,应当深入地进行工作。

矾山型磷-铁矿床发现之后,立即引起了有关方面的注意。国内许多专家也对矾山杂岩体及磷-铁矿床的勘探和研究十分关心。早在1976年6月董申保教授即到矾山矿区考察,并作了关于矾山杂岩体和磷-铁矿床成因的学术报告¹。苏良赫、朱上庆教授(1980),池际尚教授(1981)也曾先后到矾山矿区调查。

1976年5月初至1983年底,北京大学地质学系师生进行了矾山杂岩体及磷-铁矿床的研究工作。通过矿区大比例尺地质测量、岩芯观察和编录等野外调查工作,室内岩矿光片和薄片鉴定、岩石和单矿物化学分析、微量元素分析、氧同位素分析、K-Ar法和Rb-Sr等时线法地质年龄测定、矿物X-射线衍射分析、矿物包裹体测温、红外光谱、穆斯堡尔谱、扫描电镜,以及模拟实验等,对岩体的矿物学、岩石学、地球化学特点及岩体和矿床的形成机理进行了较全面的研究。在上述工作的基础上,确定了杂岩体的侵位时

1 董申保,1976,“河北省涿鹿县矾山铁矿床成因的一些讨论”。

代、岩石分期和层状岩系岩相及韵律的划分；查明了主要造岩矿物的种属和化学成分特点，还进行了某些矿物的晶体结构测定，获得了有关杂岩体主要元素及某些微量元素地球化学的规律性认识；并逐步明确了杂岩体的形成机理和层状岩系成岩成矿模式。

在研究过程中，笔者曾和五一六队合作，先后编写过两份阶段性报告^{①②}。此外，该岩体及矿床的部分专题研究成果也曾一些刊物上发表。1984年初编写成题为“矾山钾质偏碱性层状超镁铁岩—正长岩杂岩体磷—铁矿床地球化学”的总结报告。同年十月，北京大学地质学系和系学术委员会主持审议了这个报告，参与评审的有武汉地质学院北京研究生院苏良赫、池际尚教授，本系董中保、冯钟燕教授，曹正民副教授和王关玉讲师，化工部涿县化学矿产地质研究院主任工程师梁天佑与工程师陈银汉，他们共同提出了书面意见。笔者根据会议的评审意见对报告作了修改和补充，写成本书。

本书是北京大学地质学系矾山磷—铁矿床研究组的集体研究成果。主要研究工作是由牟保磊、江培谟、曾贻善和阎国翰完成的。参加过野外调查和室内部分工作的还有冯钟燕、郑轍、毕于润、曹正民等。化学分析除注明者外，均由王风珍、陈月团、殷纯暇、邵宏翔、何宗丽、关桂荣和张静华等完成。本系同位素实验室强德美，北京大学电镜室陈淑华、张慧贞等完成了有关测试工作。此外，地球化学专业74级、75级、76级学生三十五人^③，先后参加了野外和室内工作，在进行矿区大比例尺地质测量、岩石和矿物鉴定等方面完成了相当大的工作量。

矾山杂岩体及磷—铁矿床的研究工作，自始至终得到五一六队领导及地质科许晓峰、张海滨、傅洪涛和纪效义等同志的热情帮助和大力支持。华北冶金地质勘探公司天津中心实验室，中国地质科学院矿床地质研究所吴功保同志也曾予以帮助。

书中图件由我系许鉴儒、李芳桂、杨秀兰和徐筠清绘，图版由薛佳同志制作。

在此，笔者对所有上述单位和有关同志表示衷心感谢。

本书第八章由曾贻善、第五章钾长石一节由阎国翰执笔，其他部分由牟保磊执笔。

本书总结了矾山杂岩体及磷—铁矿床的研究成果，进行了碱性岩浆岩形成、演化及其有关成矿作用的理论探讨，为今后寻找同类型磷—铁矿床提供了借鉴和类比材料。但要强调说明，矾山杂岩体及其中赋存的磷—铁矿床是一个相当特殊的地质体，虽然通过大量的野外和室内研究工作，对它有了初步的认识，但许多问题尚待深入探讨，特别是有关矾山杂岩体层状岩系的形成和演化这一十分复杂的问题，国内地质界有许多不同的看法，即使在我们专题组内，认识也不尽相同，但限于篇幅未能全面地反映这些观点。希望本书的出版能够抛砖引玉，促进今后研究工作的深入。

由于笔者水平所限，书中不妥之处恳请批评指正。

作者 1986.12

① 北京大学地球化学专业74级、华北冶金地质勘探公司五一六队，1977，“河北省矾山铁—磷矿床物质成分及矿床成因探讨”。

② 北京大学地质学系，华北冶金地质勘探公司五一六队，1980，“矾山磷—铁矿床”。

③ 北京大学地质学系地化专业参加本专题研究工作的学生有：74级金妙娟、丁方、赵文君、阎冬兰、张春增、周井阳、温淑华、马十忠、马学明、袁维玲、张力荣、刘淑凤、沈爱华、余新建、金寿全、计文甫、李学山。75级刘承志、聂道雅、李先英、赵鸿钧、罗茂林、倪志辉、陆秀玫、王明安、郭宏莉、刘崇民。76级王俊奎、杨连社、王建平、尹淑玲、张书范、王素平、杨凤岐、王贵录。

目 录

前 言	vii
第一章 区域地质概况和杂岩体的形成时代	1
第二章 岩体地质及岩石特征	5
2.1 侵入期划分及主要岩石类型	7
2.2 各期侵入岩主要岩石类型特征	11
第三章 矾山杂岩体层状岩系岩相及韵律单元划分	16
3.1 矾山杂岩体层状岩系	16
3.2 层状岩系岩相及韵律单元的划分	19
3.3 层状岩系的岩石结构	25
第四章 磷-铁矿床特征	28
4.1 矿体产出特征	28
4.2 矿石特征	32
第五章 矾山杂岩体磷-铁矿床的矿物学研究	34
5.1 富钙单斜辉石	34
5.2 黑云母	38
5.3 钾长石	43
5.4 富钛石榴石	48
5.5 磷灰石	54
5.6 磁铁矿	57
5.7 矾山杂岩体中的其他矿物	59
第六章 矾山杂岩体的岩石化学特征	60
6.1 杂岩体的主要元素含量及变化趋势	60
6.2 杂岩体主要岩石类型中的某些微量元素	81
6.3 岩石化学成分与磷富集的关系	88
第七章 杂岩体的氧、氢和锶同位素研究	92
7.1 氧同位素组成及氧同位素平衡温度	92
7.2 氢和锶同位素	101
第八章 透辉石-氟磷灰石-NaF 体系的实验研究	104
8.1 实验研究	104
8.2 结果讨论	110
第九章 杂岩体的形成条件和成矿模式	112
9.1 杂岩体的形成深度	112
9.2 杂岩体各期侵入岩的同源性	113
9.3 杂岩体原始岩浆的成分	113
9.4 杂岩体的物质来源	114
9.5 层状岩系原始岩浆粘度	115

9.6 岩浆深部分异作用和磷的富集	116
9.7 杂岩体成岩成矿温度测定	117
9.8 层状岩系的形成机理和成矿模式	119
9.9 第二期岩石成岩过程的讨论	125
9.10 主要结论和找矿标志	125
参考文献	127
外文摘要	131
图版说明	144
图版	148

Contents

Introduction	vii
Chapter 1 A survey of regional geology and age of the complex	1
Chapter 2 Geology of the complex and petrographic characteristics	5
2.1 Division of intrusive periods and rock types	7
2.2 Characteristics of important rock types in intrusive rocks of different periods	11
Chapter 3 Division of petrographic faces and rhythmite units in layered rock series in the Fanshan igneous complex	16
3.1 Layered rock series in the Fanshan complex	16
3.2 Division of petrographic faces and rhythmite unit in the layered rock series	19
3.3 Petrographic structure of layered rock series	25
Chapter 4 Features of the apatite-magnetite deposits	28
4.1 Occurrence of ore bodies	28
4.2 Features of ores	32
Chapter 5 Mineralogical study of the Fanshan igneous complex and the apatite-magnetite deposits	34
5.1 Ca-rich pyroxene	34
5.2 Biotite	38
5.3 K-feldspar	43
5.4 Ti-rich garnet	48
5.5 Apatite	54
5.6 Magnetite	57
5.7 The others	59
Chapter 6 Characteristics of petrochemistry of the Fanshan complex	60
6.1 Content and trend of major elements in the complex	60
6.2 Trace elements in important rock types in the complex	81
6.3 Relation between chemical composition and enrichment of phosphorus in rock	88
Chapter 7 O-, H- and Sr-isotope studies of the complex	92
7.1 O-isotope composition and O-isotope equilibrium temperature	92
7.2 Studies of H- and Sr-isotopes	101
Chapter 8 The system diopside-F-apatite-NaF	104
8.1 Experimental study	104
8.2 Implication of experimental results	110
Chapter 9 Petrogenesis of the igneous complex and oreforming model	112

9.1	Formation depth of the complex	112
9.2	Consanguinity of various period rocks in the complex	113
9.3	Composition of primary magma of the complex	113
9.4	Mass source of the complex	114
9.5	Vicosity of the primary of the layered rock series	115
9.6	Deep differentiation of magma and enrichment of phosphorus	116
9.7	Determination of the temperature forming minerals and rocks in the complex	117
9.8	Formation mechanism and model ore-forming in the layered rock series	119
9.9	Formation process of the secondary period rock	125
9.10	Conclusion and implication for exploration	125
References		127
Abstract		131
Plate caption		144
Plate		148

第一章 区域地质概况和杂岩体的形成时代

矾山钾质偏碱性层状超镁铁岩-正长岩杂岩体位于河北省西北部涿鹿县境内，处于燕辽沉降带中的北缘隆起西段，为东西向构造带与北北东向构造带的交接部位(图 1.1)。从深部地质构造看，处于河北平原上地幔隆起区和坝上上地幔拗陷区的过渡带，即太行山-燕山深部构造异常带。莫霍面埋深 42km^[1]。

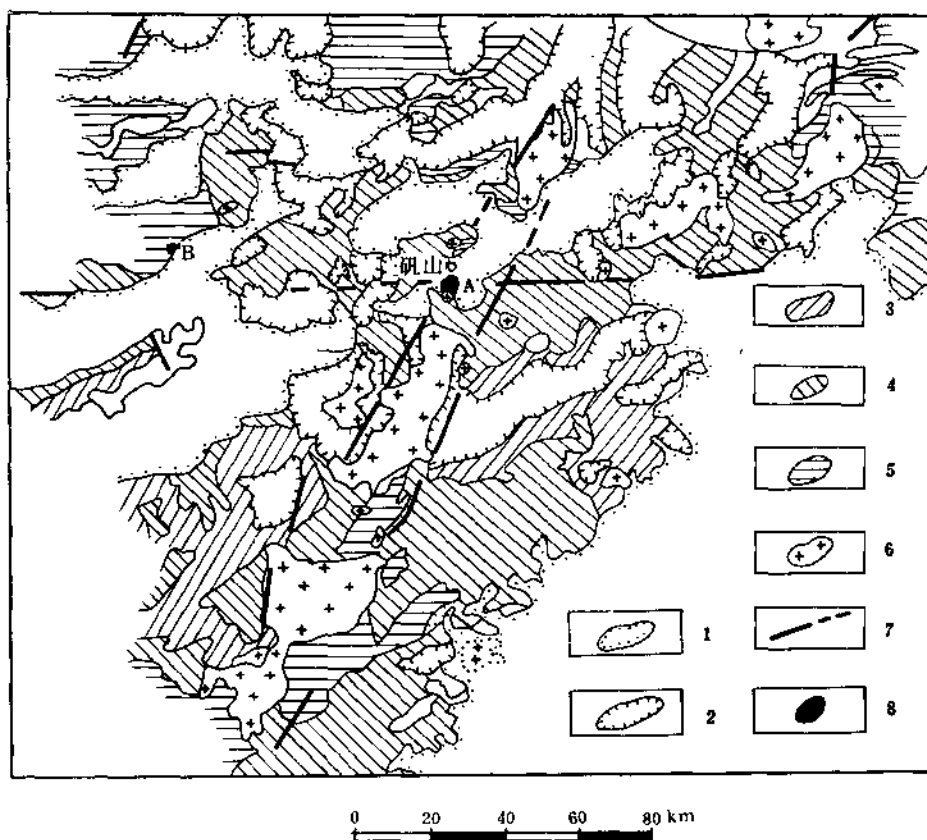


图 1.1 区域地质略图

Fig. 1.1 General geologic map of the Fanshan region

1.新生界 2.中生界 3.古生界 4.中上元古界 5.太古界 6.花岗岩类侵入体
7.深断裂 8.岩体 A——矾山杂岩体 B——阳原姚家庄岩体

区内出露太古界桑干群底部的变质岩以黑云母斜长片麻岩为主。中上元古界是以硅质条带白云质灰岩和碎屑岩为主的沉积建造，总厚度约 3km。但矾山杂岩体以东的，中上元古界地层厚度约两倍于岩体以西地区。古生界寒武系及奥陶系中、下统为一套浅海相碎屑岩及碳酸盐岩沉积物，总厚度约 330m。石炭系及二叠系为海陆交互相或陆相含煤地

层。中生界为侏罗系陆相火山岩系。古生界及中生界地层均出露于矾山杂岩体以南(图 1.1)。新生界为第四系堆积物。

据郑炳华等人^[2]研究,通过矾山地区的基底断裂,有东西向的昌平—迁西断裂和怀来—兴隆断裂。在这两条断裂北侧有赤城—建平地壳断裂,该断裂至少在太古代末期已经形成,早元古代后仍继续活动。北东向怀来—蔚县基底断裂和北西向张家口—宁河基底断裂的明显活动是从中生代开始的,北北东向紫荆关基底断裂从晚中生代开始强烈活动。

矾山杂岩体所处区域内,广泛分布燕山期花岗岩类侵入体。一为北北东向展布,以大海坨、大河南、王安镇等花岗岩体所代表的岩带。另一为以大海坨—八达岭等岩体所代表的东西向展布的花岗岩岩带。在两个岩带中还有许多小的花岗岩类岩株产出。如矾山花岗岩体(位于矾山杂岩体以北)和矾山杂岩体以南仅 250m 的孟家天花岗闪长岩岩株等(图 1.1)。

该区目前仅发现两个钾质偏碱性超镁铁岩—正长岩杂岩体,即矾山杂岩体和阳原姚家庄岩体。两个岩体呈东西向展布(图 1.1)。矾山杂岩体主要岩石类型有辉石岩、黑云母辉石岩、钛榴石辉石正长岩、似粗面状辉石正长岩和正长岩等,它们组成一中心型侵入体,围岩是蔚县系雾迷山组白云质灰岩。姚家庄岩体也是中心型侵入体,岩石类型有辉石岩、黑云母辉石岩、黑云母正长岩、黑云母正长辉石岩、黑云母辉石正长岩和伟晶正长岩等,直接围岩是桑干群片麻岩。据钻孔资料,孔深 700—800m 即已穿透岩体,这说明姚家庄岩体遭到很强烈的剥蚀。

矾山杂岩体侵位于雾迷山组中,被第四系覆盖,仅靠地层资料无法确定岩体侵位时间。为此曾用钾—氩法及铷—锶等时线法测定杂岩体的地质年龄,结果分别列于表 1.1 及表 1.2 中。

表 1.1 矾山杂岩体及孟家天花岗闪长岩体钾—氩法地质年龄测定结果
Table 1.1 K—Ar isotope age determination results of the Fanshan igneous complex and the Mengjiayao granodiorite

序号	样品号	选样岩石	测定矿物	K(%)	Ar ⁴⁰ (10 ⁻¹⁰ g/g)	Ar (%)	Ar ⁴⁰ /K ⁴⁰	年龄 值, Ma	测定年月	岩体
1	M301	黑云母辉石岩	黑云母	8.39	0.1302	9.3	0.0158	248	1978.1	矾 山 杂 岩 体
2	M302	黑云母辉石岩	黑云母	7.82	0.1149	3.6	0.0150	241	1978.1	
3	M600	伟晶正长黑云母辉石岩	黑云母	8.80	0.1084	5.1	0.0125	203	1978.1	
4	F405	黑云母辉石岩	黑云母	8.13	—	9.3	0.0131	210	1977.1	
5	F408	伟晶正长黑云母辉石岩	黑云母	8.34	—	13.5	0.0129	209	1977.1	
6	E ₀ 209	黑云母辉石岩	黑云母	7.90	0.1362	8.7	0.0138	223	1974.6	
7	LT-3	粗粒正长辉石岩	黑云母	6.76	0.1048	13.2	0.0129	209	1974.6	
8	M341	似粗面状辉石正长岩	钾长石	10.88	0.1622	1.7	0.0153	246	1978.1	
9	K6-21-23	似粗面状辉石正长岩	钾长石	8.60	0.1414	—	0.0138	223	1983	
10	E ₀ 208	花岗闪长岩	黑云母	7.32	0.0467	65.4	0.0053	84	1974.6	孟家天 花岗闪 长岩体
11	E ₀ 211	闪长岩	黑云母	7.66	0.0438	65.2	0.0048	80	1974.6	
12	LT-1	花岗闪长岩	黑云母	5.51	0.0373	14.5	0.0060	99	1974.6	

注 (1) 所用常数 $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$; $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$; $K^{40} = 1.193 \times 10^{-10} \text{K}$

(2) 第6、10、11为中国科学院地质研究所测定;第9据李秉新“河北省涿鹿县矾山偏碱性超镁铁岩—正长岩杂岩体岩石学特征及其与成矿的关系”,地质研究,武汉地院北京研究生部资料情报室编,1984(3),内部资料。

表 1.2 矾山杂岩体铷-锶等时线法年龄测定结果

Table 1.2 Rb and Sr isotope isochron data of the Fanshan complex

样品号	样品名称	Rb, ppm	Sr, ppm	Rb ⁸⁷ / Sr ⁸⁶	Sr ⁸⁷ / Sr ⁸⁶
M170	辉石岩	47.450	1011.4	0.13552	0.70685
M156	黑云母辉石岩	147.03	1299.2	0.32758	0.70683
M058	粗粒正长辉石岩	236.36	1252.7	0.54616	0.70719
T075	钛榴石辉石正长岩	267.07	1403.8	0.550699	0.706796
M441	似粗面状辉石正长岩	75.890	12776.7	0.01719	0.70497
F596	伟晶正长黑云母辉石岩	220.63	1986.7	0.32148	0.70639
F596a	正长石	515.26	595.24	2.5057	0.71359
F596b	黑云母	374.19	225.26	4.8086	0.72041

八个样品最小二乘法拟合结果： $t = 218.8 \pm 8\text{Ma}$ ； $(\text{Sr}^{87} / \text{Sr}^{86}) = 0.70554 \pm 0.00022$ ； $r = 0.9959$ ；给出误差 1σ ； $\lambda \text{Rb}^{87} = 1.42 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$ ，由宜昌地质矿产研究所同位素室测定。

由表可知，钾-氩法测定结果为 248—203Ma。铷-锶等时线法为 $218.8 \pm 8\text{Ma}$ 。 $\text{Sr}^{87} / \text{Sr}^{86}$ 初始比为 0.70554 ± 0.00022 。钾-氩法测定的九个样品的模式年龄值有一定的变化范围，这与各个样品的地质产状不同有关。岩体中各种岩石之间的关系详见第二章。这里要说明的是，表 1.1 中 1 至 6 号样品均采自杂岩体的第一期侵入岩，即层状超镁铁岩系的样品。其中 M301 和 M302 采自杂岩体层状岩系近边缘部分，岩石颗粒较细，形成较早；F405 和 E₀209 离层状岩系边缘较远，岩石颗粒较粗，它们结晶晚于 M301 及 M302；而 M600 和 F408 是层状岩系中的伟晶状岩石，其中挥发组分含量大，交代作用明显，它们可能是残浆形成的岩石，测得的年龄值较低是合理的。表 1.1 中 8 和 9 号钾长石样品(M341 和 Kb-21-23)采自杂岩体第三期侵入岩。已知，在各种含钾矿物中，钾长石保存放射成因氩的能力最差，一般情况下避免利用钾长石样品；不过，高温钾长石(透长石、歪长石)保存放射成因氩的能力不比黑云母差。矾山杂岩体第三期岩石中的钾长石有序度低，形成温度较高(见第五章)，从这两个样品的测定结果看，其值略低于 M301 也是合理的。LT-3 样品，选自第二期侵入岩，得到的年龄值较低，可能与受第三期侵入岩影响有关，因为这个样品位置距第三期侵入岩较近。总起来看，两种方法测得的年龄值有差异，但铷-锶等时线年龄值在钾-氩法年龄值范围之内。因此，可以认为两种方法测定结果是一致的。按上述结果，矾山杂岩体形成时间始于海西晚期，终止于印支晚期，约经历 45Ma。超基性-碱性杂岩体的形成时间很长，一般要 10—50Ma，甚至更长的时间，在波罗的地盾及东非表现得最明显^①。

同位素地质年龄测定结果很值得注意。因为该地区三叠系普遍缺失，杂岩体附近也尚未发现海西末期和印支期的花岗岩类岩体，却有燕山期花岗岩类岩体产生，例如矾山杂岩体北边的矾山花岗岩岩株和南边的孟家天花岗闪长岩体(图 1.1，地质年龄见表 1.1)。唯独矾山杂岩体在印支期产生，这应当从区域大地构造环境来认识这个问题。

如前所述，矾山杂岩体所在的燕辽沉降带，东西向断裂十分发育。如赤城—建平—阜

① A.A.Фролов, “中心型碳酸岩-碱性-超基性岩岩体中的铁矿床”, 地质地球化学, 1985, 1—7.(俞萍、宿怀璧译)。

新断裂带和昌平—迁西断裂带等。前一断裂带中有六百多个，后一断裂带中有七百多个大较均等的超基性岩体产出^①。这些超基性岩体的产出时代尚不清楚，但上述事实说明，这些断裂带波及很深。并且据郑炳华等人的意见^②，上述断裂带太古代末期已经形成，早元古代以后仍继续活动。自中元古代开始至古生代晚期，燕辽地区受东西向基底断裂控制，产生强烈拗陷，形成巨厚海相碎屑—碳酸盐沉积物。中生代以来，燕辽地区进入了一个新的地质构造发展阶段。原古老基底断裂重新活动，燕山期尤为突出，伴随着强烈的地壳运动，深部地幔物质上升。这种看法已为地质界所公认。但是，关于中生代燕辽地区构造运动开始时期，印支期的活动表现等问题，由于获得的实际地质资料较少，一直存在分歧。然而，最近二十多年，在燕辽地区不断发现具有化石证据的三叠纪地层，印支期的构造变动、岩浆活动与变质作用^{③、④⑤}。张文佑^⑤及郑炳华等^②认为，在燕辽地区印支期除了东西向构造活动外，北东向构造活动加强，燕辽断块的凸起及凹陷差异已相当明显。印支期的活动是燕山运动的前奏，矾山杂岩体可能就是这个时期侵位的。因此，矾山杂岩体的出现并不是孤立的地质事件。事实上，最近我们测得阳原姚家庄岩体也产于印支期(铷—锶等时线法， $235.9 \pm 5\text{Ma}$)。据同位素地质年龄资料，时代与矾山岩体相近的岩体，在燕辽沉降带，向东还有凌源河坎子云霞正长岩(234Ma)^⑥、赛马碱性杂岩体($240—190\text{Ma}$)^⑥和安图青林子碱性超基性岩体(224Ma)^④。上述资料可以说明，从区域地质环境看，矾山杂岩体在印支期产出绝非偶然现象。我们有理由相信，在燕辽地区发现新的矾山型杂岩体是可能的。

①

① 河北省地质局综合研究大队，1975，《河北省基性岩和超基性岩分布图说明书》，钾—氩法年龄测定由中国地质科学院地质力学研究所及北京大学地质学系完成。

② 崔盛芹、杨振开、李锦蓉、李占德，1965，“燕山辽东地区中生代构造发展的基本特征”，全国第一届构造地质学术会议论文资料。

③ 李之彬、赵春荆、杨芳林，1981，“东北地区印支运动和印支期侵入岩”，第一届全国区域地质及成矿会议论文。

④ 吉林省地质矿产局科研所，1979，吉林省区域地质专辑，吉林地质，(4)，52—56页。

第二章 岩体地质及岩石特征

矾山杂岩体是在验证磁异常的过程中发现的,基本上为隐伏岩体,只是在岩体的南部边缘有零星露头(图 2.1)。根据大比例尺地质测量、物探资料,探矿钻孔以及水文和工程钻孔(此两类钻孔只达到基岩面,图 2.1 未标出)资料,编绘出矾山杂岩体基岩地质图(图 2.2)和杂岩体剖面图(图 2.3)。岩体大致呈椭圆形,长约 6000m,宽约 5000m,面积约 $3 \times 10^7 \text{m}^2$ 。平面图上岩体呈环形,从外向内依次出现:钛榴石辉石正长岩、粗粒辉石正长岩和粗粒正长辉石岩带(约占岩体总面积的 37.5%)、主要由辉石岩和黑云母辉石岩组成的含

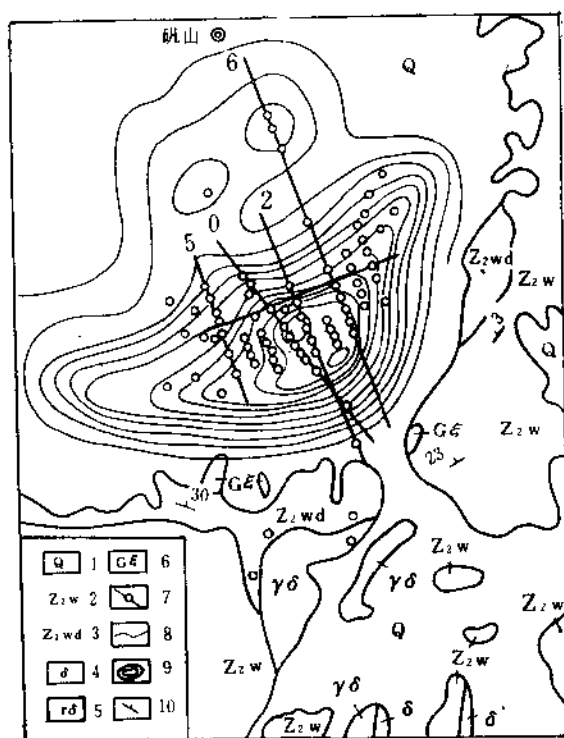


图 2.1 矾山杂岩体地面磁异常及勘探工程略图

(据五、六队资料)

Fig. 2.1 General sketch of surface magnetic anomaly and exploration intersite in the Fanshan igneous complex

- 1.第四系 2.雾迷山组白云质灰岩 3.雾迷山组大理岩化白云质灰岩 4.燕山期闪长岩
5.燕山期花岗闪长岩 6.钛榴石辉石正长岩 7.钻孔及勘探线(5, 0, 2, 6 为勘探线号)
8.地质界线 9.磁异常(最低值线 300γ, 最高值线 3600γ) 10.地层产状

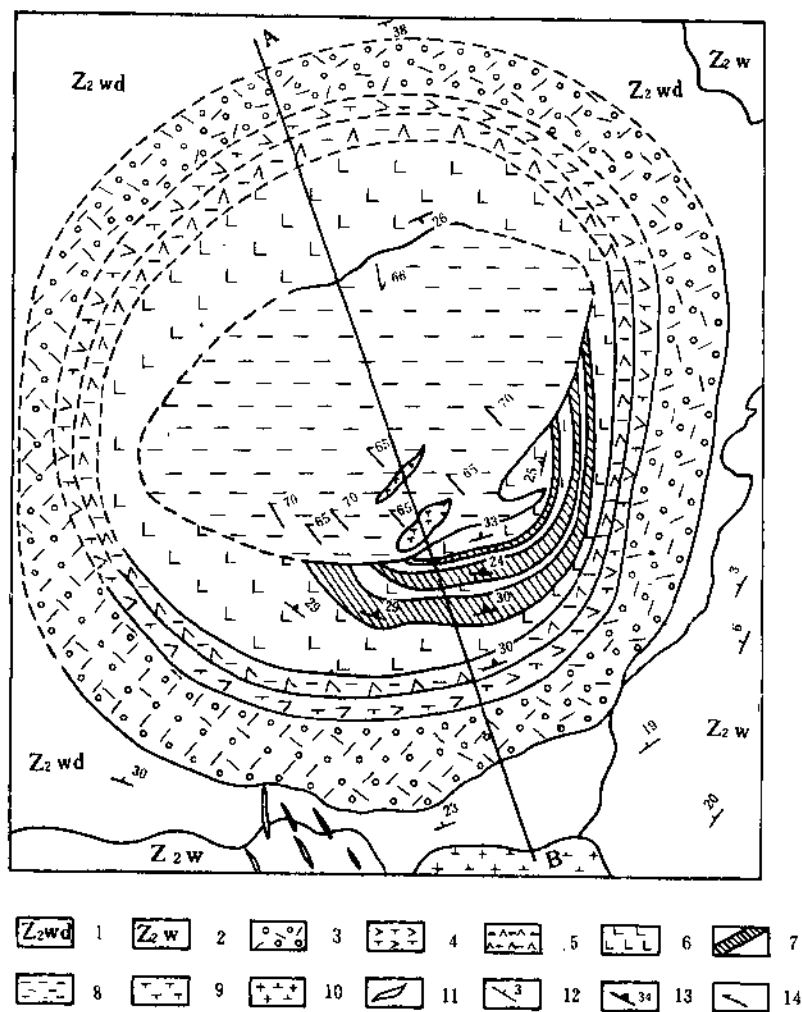


图 2.2 矾山杂岩体基岩地质图(据五一六队资料)

Fig. 2.2 Bedrock geology of the Fanshan igneous complex

1. 雾迷山组大理岩化白云质灰岩 2. 雾迷山组燧石条带白云质灰岩 3. 钛榴石辉石正长岩 4. 粗粒辉石正长岩 5. 粗粒正长辉石岩 6. 含磷-铁矿岩带 7. 磷-铁矿体 8. 第三期侵入岩 9. 正长岩 10. 燕山期花岗闪长岩 11. 花岗斑岩脉 12. 地层产状 13. 火成岩火成层理及岩石产状 14. 流线产状

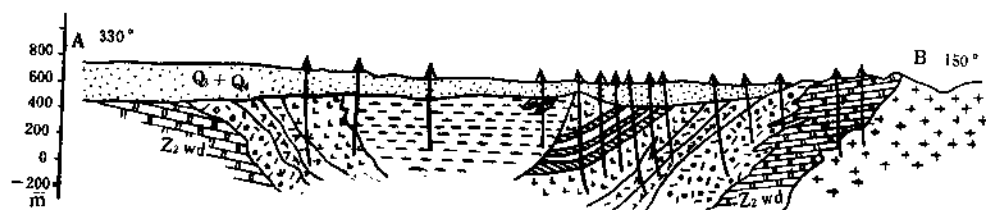


图 2.3 矾山杂岩体剖面图

(图例及资料来源同图 2.2, 剖面位置见图 2.2)

Fig. 2.3 Section view of the Fanshan complex along the A-B line in Fig. 2.2

矿岩带(约占岩体总面积的 28.6%)和由似粗面状辉石正长岩及似斑状辉石正长岩等组成的岩带(约占岩体总面积的 33.8%)。

在剖面图上(图 2.3), 钛榴石辉石正长岩、粗粒辉石正长岩和粗粒正长辉石岩带位于杂岩体的底部, 钛榴石辉石正长岩与围岩直接接触。含矿岩带位于上述岩带之上, 不与围岩接触。此两岩带均向岩体中心部分倾斜, 倾角相似。杂岩体中心部分则是高角度($70^{\circ} \pm$)侵入的似粗面状辉石正长岩等。

岩体的厚度相当大, 钛榴石辉石正长岩露头最高处为海拔 900m, 而矾山镇附近基岩面为海拔 400m, 两处相差 500m, 钻孔达到海拔零米处仍未穿透岩体。如果再考虑岩体的剥蚀情况, 其厚度将更大。

2.1 侵入期划分及主要岩石类型

要确定杂岩体中各种岩石之间的关系, 即使出露很好, 也是相当困难的。对于矾山杂岩体这样一个大部分被覆盖的岩体, 研究各类岩石之间的关系困难就更多些。我们首先根据地表的少数露头, 特别是钻孔资料, 按照宏观各种岩石穿插、捕虏关系和混染等现象, 确定了各种岩石的形成次序。初步确定矾山杂岩体由三期岩浆侵入活动形成其主体, 有一期脉岩穿插前三期岩石。然后, 依据较深入的岩石学、矿物学及地球化学研究, 对野外观察进行验证。结果表明, 将矾山杂岩体分为三期侵入岩及一期脉岩基本上是正确的。三期侵入岩及脉岩在产状、结构构造、矿物组分和岩石化学成分上都有明显差别。

具体的侵入期划分、主要岩石类型和矿物成分见表 2.1。由表 2.1 可知, 钾质偏碱性层状超镁铁岩带为第一期侵入岩, 似层状的粗粒正长辉石岩、粗粒辉石正长岩和钛榴石辉石正长岩带是第二期侵入岩, 似粗面状辉石正长岩等岩石则是第三期岩浆侵入活动的产物。最晚期的脉岩有两种岩石。本书各期岩石和各类岩石的命名仍沿用 1980 年科研报