

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

三 岩石 矿物 地球化学 第116号

南岭花岗岩地质
及其成因和成矿作用

地质部南岭项目花岗岩专题组

地质出版社

中华人民共和国地质矿产部

地 质 专 报

三 岩石 矿物 地球化学 第 10 号

南岭花岗岩地质及其成因和
成矿作用

地矿部南岭项目花岗岩专题组

地 质 出 版 社

内 容 简 介

本书通过大量的野外观察和室内实验、测试,对南岭地区花岗岩类岩石形成的构造环境、时代和分布规律,以及对不同时代、不同类型和不同含矿性的花岗岩的岩石学、主要造岩矿物、副矿物、岩石化学、稀土元素地球化学、微量元素地球化学、同位素地球化学和包体岩石学、熔融包裹体特征及其成岩的温度和压力条件等进行了系统、全面的研究;在此基础上,对南岭地区花岗岩类的成因和成矿作用进行了较为深入的探讨,详细阐明了南岭地区成矿花岗岩的地质和地球化学特征、成矿物质来源及其迁移富集机制,进而总结出南岭地区隐伏成矿花岗岩体的预测标志,并对隐伏成矿花岗岩体进行了预测,圈出了相应的预测区。本书是一部多学科研究的综合性成果,对探讨本区有色、稀有金属矿床的成矿规律、找矿勘探和研究花岗岩类岩石的成因、地壳物质演化等基础理论问题都具有较高的参考价值。本书还附有1,200万中国南岭地区花岗岩类分布图。可供从事地质勘查、科研和教学的技术人员参考。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报
三 岩石矿物地球化学 第10号
南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用
地矿部南岭项目花岗岩专题组

*

责任编辑:徐涛 伦志强
地质出版社出版发行
(北京和平里)
地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 30.375 插页: 16页 字数: 718000
1989年2月北京第一版·1989年2月北京第一次印刷
印数: 1—1130册 国内定价: 14.40元
ISBN7—116—00326—6/P·284
科目: 189—054
(附彩图一幅)

前 言

《南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用》是国家“六五”期间重点科研项目——“南岭地区有色、稀有金属矿床的控矿条件、成矿机理、分布规律及成矿预测的研究”的二级专题研究成果。专题研究的主要任务是：通过对南岭地区不同时代、不同类型、不同含矿性花岗岩类岩石的典型岩体的岩石学、主要造岩矿物、副矿物、岩石化学、微量元素及稀土元素地球化学、稳定同位素地球化学、花岗岩成因及成矿作用的研究，为南岭地区与花岗岩类有关的有色、稀有金属矿床的控矿条件、成矿机理、分布规律及成矿预测的研究提供基础资料。专题研究任务于1981年由地质矿产部下达。承担该专题研究任务的单位有：地质矿产部宜昌地质矿产研究所（组长单位），地质矿产部矿床地质研究所（副组长单位）以及广东、广西、湖南、江西、福建五省（区）地质矿产局。

自1981年项目开展以来，通过各参加单位和科技人员的共同努力，先后提交了21份三级课题研究报告。这些报告有：

赵子杰、马大铨、涂绍雄、林惠坤、张小豪，1982，广东阳春地区两类花岗岩对比及成因探讨；

郑基俭、段素文、马铁球、杨超群、何江南、赖元春，1984，诸广山复式岩体的研究；

刘金全、吴克隆、严炳铨，1984，福建沿海晶洞花岗岩研究；

刘金全、吴克隆、李纯杰，1984，福建省花岗岩微量元素地球化学研究；

李华芹、叶伯丹，1984，福建省魁岐晶洞花岗岩Rb-Sr同位素年龄研究；

汪绍年、廖庆康、闭榜文、黄宗元、苏华高，1985，大容山-十万大山岩带晚二叠世—三叠纪花岗岩类研究；

高善继、高艳君、翟丽娜、应兰，1985，南岭地区燕山期某些不同成因类型花岗岩副矿物研究；

赵子杰、马大铨、林惠坤、袁春林、张小豪，1985，广东龙窝、佛冈岩体花岗岩类的岩石学、地球化学特征及其形成的地质环境；

彭大良、洗柏淇、郭玉儒、邓德贵，1985，广西罗城宝坛地区花岗岩与锡矿成矿的关系；

陈树荣、郭月敏，1985，南岭某些花岗岩体及其有关矿床中云母的标型特征的研究；

郭宗山、董琳、郭月敏，1985，南岭地区一些云母的研究；

赵子杰、马大铨、林惠坤、袁春林、张小豪，1985，桂北前寒武纪花岗岩本洞、三防岩体的研究；

刘公民、周润权等，1985，粤北红岭、石人嶂、师姑山花岗岩与钨矿成矿关系的研究；

李瑛、潘家华、刘玉山等，1985，中国东南部燕山期花岗岩类岩石的熔融实验研究；

吴思本、钟畅华，1985，广东贵东花岗岩体的地质、地球化学特征及涡旋定位；

洪大卫、郭文岐、李戈晶、康炜、徐海明, 1985, 福建晶洞花岗岩带的岩石学和成因演化;

高秉璋、方德照, 1985, 南岭加里东期花岗岩的研究;

袁忠信等, 1985, 南岭花岗岩类岩石稀土元素地球化学;

高秉璋、李纯杰、方宗斌等, 1985, 江西省花岗岩类地质及地球化学;

魏家秀, 1985, 福建碱性花岗岩包裹体地球化学和成岩作用研究;

陈学正、邓楚钧、周玉林、张素菊, 1985, 南岭地区某些成矿花岗岩矿物标型特征的研究。

1985年下半年, 专题综合组在综合上述21个三级课题研究报告大量资料的基础上, 编写了专题研究报告, 并于1986年1月通过了由国家科委和地矿部联合组织的国家级评审。此后, 作者根据评审意见对报告又作了进一步的修改和提炼, 写成此书。

应当指出, 本书是南岭项目花岗岩专题组全体成员的集体劳动成果。各章节的执笔人如下: 前言和绪论, 赵子杰; 第一章, 吴良士; 第二章, 郑基俭; 第三章, 洪大卫、刘金全; 第四章, 洪大卫、陈树荣、汪绍年; 第五章, 高善继、陈学正、周玉林; 第六章, 袁春林、高秉璋; 第七章, 袁忠信; 第八章, 李纯杰; 第九章, 赵子杰; 第十章, 汪绍年; 第十一章, 魏家秀; 第十二章, 李瑛、潘家华; 第十三章, 赵子杰、刘金全; 第十四章, 袁忠信、彭大良、高秉璋、朱裕生。全书最后由赵子杰统一修改、定稿; 附图——1:200万中国南岭地区花岗岩类分布图由吴良士、傅子洁编绘。

在专题研究和本书编写过程中, 我们始终得到了程裕淇、莫柱孙、张炳熹教授的指导和帮助; 宜昌地矿所绘图组范惠珠和段万军同志帮助清绘了全部插图。借此, 一并表示衷心的感谢。

地矿部南岭项目花岗岩专题组

1987年9月

目 录

绪论	(1)
第一章 南岭花岗岩形成的构造环境	(6)
第一节 区域构造层的基本特征	(6)
第二节 南岭花岗岩形成的构造环境分区	(9)
第三节 南岭花岗岩形成环境的演变特点	(16)
第二章 南岭花岗岩的形成时代、期次划分及不同时代花岗岩的分布概况	(18)
第一节 形成时代及期次划分	(18)
第二节 不同时代花岗岩类岩体的分布和地质概况	(22)
第三章 南岭花岗岩岩石学	(41)
第一节 花岗岩类岩石的分类命名原则	(41)
第二节 四堡早期花岗岩类	(42)
第三节 四堡晚期花岗岩类	(43)
第四节 加里东早期花岗岩类	(47)
第五节 加里东晚期花岗岩类	(51)
第六节 海西-印支期花岗岩类	(55)
第七节 燕山早期花岗岩类	(57)
第八节 燕山晚期花岗岩类	(66)
第四章 南岭花岗岩的主要造岩矿物	(71)
第一节 长石	(71)
第二节 云母	(102)
第三节 闪石	(131)
第四节 辉石	(137)
第五节 堇青石	(142)
第五章 南岭花岗岩中的副矿物	(145)
第一节 不同时代花岗岩中副矿物的组合类型	(145)
第二节 主要副矿物的标型特征	(158)
第六章 南岭花岗岩的岩石化学特征	(171)
第一节 南岭花岗岩岩石化学成分的一般特征	(171)
第二节 南岭不同时代花岗岩的岩石化学特点	(176)
第三节 南岭花岗岩的主要岩石化学参数及其图解	(185)
第七章 南岭花岗岩的稀土元素地球化学	(198)
第一节 南岭花岗岩稀土元素的平均含量	(199)
第二节 南岭花岗岩稀土元素在矿物中的分配	(205)
第三节 稀土元素的定量模式与某些花岗岩的成因探讨	(211)

第四节	变质作用中稀土元素的变化·····	(220)
第八章	南岭花岗岩的微量元素地球化学·····	(226)
第一节	不同类型花岗岩的微量元素丰度·····	(227)
第二节	南岭花岗岩中微量元素的基本组合·····	(233)
第三节	南岭不同时代花岗岩的微量元素地球化学特点·····	(236)
第四节	南岭花岗岩中成矿元素的富集机制·····	(247)
第九章	南岭花岗岩的铷、氧同位素地球化学特征·····	(249)
第一节	南岭花岗岩的铷同位素地球化学·····	(249)
第二节	南岭某些花岗岩类的铷-锶区域等时线特征和成因解释·····	(254)
第三节	南岭花岗岩的氧同位素地球化学·····	(262)
第十章	南岭花岗岩中的包体岩石学·····	(267)
第一节	包体的命名原则·····	(267)
第二节	不同时代、不同类型花岗岩中的包体·····	(268)
第三节	包体原岩的判别和各类包体的岩石学、地球化学特征·····	(277)
第四节	包体的成因·····	(280)
第十一章	南岭某些花岗岩熔融包裹体特征及其成因意义·····	(283)
第一节	鼓山复式岩体的地质概况和岩石学特征·····	(283)
第二节	包裹体的类型和特征·····	(285)
第三节	熔融包裹体的均一温度·····	(287)
第四节	熔融包裹体的化学成分·····	(291)
第五节	流体包裹体的简要特征·····	(292)
第六节	鼓山复式岩体的包裹体地球化学·····	(294)
第七节	南岭不同成因类型花岗岩中熔融包裹体的特征·····	(295)
第十二章	南岭某些花岗岩类岩石的熔融实验研究·····	(298)
第一节	实验样品的地质概况·····	(299)
第二节	实验方法·····	(302)
第三节	实验结果·····	(302)
第四节	实验结果讨论·····	(308)
第十三章	南岭花岗岩的成因·····	(317)
第一节	现代有关花岗岩成因分类的主要代表性观点及其评述·····	(317)
第二节	南岭花岗岩成因分类的讨论·····	(323)
第三节	桂北前寒武纪本洞花岗闪长岩的成因问题·····	(332)
第十四章	南岭花岗岩的成矿作用·····	(335)
第一节	成矿花岗岩类的地质学、地球化学特征·····	(335)
第二节	成矿物质来源及其成矿元素的迁移富集·····	(357)
第三节	隐伏成矿花岗岩体的标志及预测·····	(363)
图版说明 ·····		(372)
图版 ·····		(374)
附表 1	南岭地区花岗岩类岩石中黑云母的化学成分·····	(377)

附表 2 南岭地区花岗岩类岩石的稀土元素含量	(394)
参考文献	(438)
英文摘要	(445)
附图 中国南岭地区花岗岩类分布图(1:2 000 000)	

CONTENTS

Induction	(1)
Chapter 1 Structural Environment of Formation of the Granitoids in Nanling Region	(6)
Section 1 Basic Characteristics of Regional Structural Layers.....	(6)
Section 2 Subdivisions of structural Environments of Formation of the Granitoids in Nanling Region.....	(9)
Section 3 Characteristics of the Evolution of the Formation Environment of the Granitoids in Nanling Region	(16)
Chapter 2 Age of the Granitoids in Nanling Region and the Dis- tribution of the Granitoids of Different Age	(18)
Section 1 Age of the Granitoids in Nanling Region	(18)
Section 2 Distribution of the Granitoids of Different Age in Nanling Region	(22)
Chapter 3 Petrology of the Granitoids in Nanling Region	(41)
Section 1 Principles of Classification of the Granitoids.....	(41)
Section 2 Early Sipunian Granitoids.....	(42)
Section 3 Late Sipunian Granitoids	(43)
Section 4 Early Caledonian Granitoids	(47)
Section 5 Late Caledonian Granitoids	(51)
Section 6 Hercynian-Indosinian Granitoids	(55)
Section 7 Early Yanshanian Granitoids	(57)
Section 8 Late Yanshanian Granitoids	(66)
Chapter 4 Major Rock-forming Minerals of the Granitoids in Nan- ling Region	(71)
Section 1 Feldspar	(71)
Section 2 Mica	(102)
Section 3 Amphibole	(131)
Section 4 Pyroxene	(137)
Section 5 Cordierite	(142)
Chapter 5 Accessory Minerals of the Granitoids in Nanling Re- gion.....	(145)
Section 1 Assemblage Types of the Accessory Minerals from the Granitoids of Different Age in Nanling Region	(145)
Section 2 Typomorphic Characteristics of Major Accessory	

Minerals	(158)
Chapter 6 Petrochemical Characteristics of the Granitoids in Nanling Region	(171)
Section 1 General Features of Petrochemical Composition of the Granitoids in Nanling Region.....	(171)
Section 2 Petrochemical Characteristics of the Granitoids of Different Age in Nanling Region	(176)
Section 3 Major Petrochemical Parameters of the Granitoids in Nanling Region and Their Diagrams	(185)
Chapter 7 Geochemistry of REE of the Granitoids in Nanling Region	(198)
Section 1 Average Content of REE of the Granitoids in Nanling Region	(199)
Section 2 Distribution of REE in the Minerals from the Granitoids in Nanling Region	(205)
Section 3 Quantitative Model of REE and the Discussion on Genesis of Some Granitic Bodies in Nanling Region.....	(211)
Section 4 Variation of REE in Metamorphic Process	(220)
Chapter 8 Geochemistry of Trace Elements of the Granitoids in Nanling Region	(226)
Section 1 Abundance of Trace Elements of the Granitoids of Different Type	(227)
Section 2 Basic Assemblage of Trace Elements of the Granitoids in Nanling Region.....	(233)
Section 3 Geochemical Characteristics of Trace Elements of the Granitoids in Nanling Region.....	(236)
Section 4 Concentration Mechanism of the Ore-forming Elements of the Granitoids in Nanling Region	(247)
Chapter 9 Geochemistry of Sr- and O-isotopes of the Granitoids in Nanling Region	(249)
Section 1 Geochemistry of Sr-isotope of the Granitoids in Nanling Region	(249)
Section 2 Regional Rb-Sr Isochron of Some Granitic Bodies in Nanling Region and Interpretation for Their Genesis	(254)
Section 3 Geochemistry of O-isotope of the Granitoids in Nanling Region	(262)
Chapter 10 Petrology of the Enclaves from the Granitoids in Nanling Region	(267)
Section 1 Principles of Classification and Nomenclature of the	

Enclaves	(267)
Section 2 The Enclaves from the Granitoids of Different Age and Type.....	(268)
Section 3 Petrological and Geochemical Characteristics of the Enclaves of Different Type in Nanling Region and Discrimination of Source Rock	(277)
Section 4 Genesis of the Enclaves	(280)
Chapter 11 Characteristics of the Melt Inclusion from Some Gra- nitic Bodies in Nanling Region and Their Genetic Significance	(283)
Section 1 Geological Outline and Petrological Characteristics of the Gushan Multiple Granitic Massif	(283)
Section 2 Inclusion Types and Their Features from Gushan Multiple Granitic Massif	(285)
Section 3 Homogenization Temperature of the Melt Inclusions	(287)
Section 4 Chemical Composition of the Melt Inclusions	(291)
Section 5 Major Characteristics of the Fluid Inclusions	(292)
Section 6 Geochemistry of the Inclusions from Gushan Multiple Granitic Massif	(294)
Section 7 Characteristics of the Melt Inclusions from the Gra- nitoids of Different Genesis in Nanling Region	(295)
Chapter 12 A Study of Melting Experiment on Some Granitoids in Nanling Region	(298)
Section 1 Geological Outline of the Experiment Samples	(299)
Section 2 Experiment Method	(302)
Section 3 Experiment Result.....	(302)
Section 4 Discussion on the Experiment Result.....	(308)
Chapter 13 Genesis of the Granitoids in Nanling Region	(317)
Section 1 Reviews on Some Representative Viewpoints Concer- ning the Genetic Classification of Granitoids	(317)
Section 2 Discussion on the Genetic Classification of the Gra- nitoids in Nanling Region	(323)
Section 3 Genesis Concerning the Precambrian Bendong Grano- diorite in Northern Guangxi	(332)
Chapter 14 Mineralization of the Granitoids in Nanling Region	(335)
Section 1 Geological and Geochemical Characteristics of the Ore-forming Granitoids in Nanling Region	(335)
Section 2 Source of the Ore-forming Materials and the Migra- tory Concentration of the Ore-forming Elements	(357)
Section 3 Criterias and Prognosis of Blind Ore-forming Granitic	

Bodies	(363)
Illustration for the Plates	(372)
Plates	(374)
Appendant Table 1 Chemical Composition of the Biotites from the Granitoids in Nanling Region	(377)
Appendant Table 2 REE Content of the Granitoids in Nanling Re- gion	(394)
Reference	(438)
English Abstract	(445)
Attached Map Distribution Map of the Granitoids of Nanling Re- gion, China (1/2 000 000)	

绪 论

湘桂、湘粤、赣粤边境上的越城岭、都庞岭、萌渚岭、骑田岭、大庾岭是我国长江与珠江水系的分水岭，在地理上统称为南岭。本专题的南岭地区是指江南古陆南侧，在沉积建造、古生物群落、地壳运动、构造型式、岩浆活动及成矿作用特点等方面相似、地质发展历史基本相同的区域。它大体上相当于北纬 29° 以南，东经 107° 以东至沿海的广大地区。本专题研究的重点区域为北纬 $26^{\circ}20'$ 到北纬 $22^{\circ}40'$ 之间，东经 107° 以东至闽粤沿海的广大地区。

南岭地区是世界闻名的滨太平洋金属成矿带的重要组成部分，也是我国有色、稀有金属矿产最集中的产区。这些有色、稀有金属矿床在形成时间、空间和成因上与花岗岩类有着密切的关系。因此，南岭花岗岩的研究是南岭地区有色、稀有金属矿床的控矿条件、成矿机理、分布规律及成矿预测研究的基础。

“南岭花岗岩”一名在地质界沿用已久。这一名称最早见于“中国区域矿产论”和“中国之矿产时代及矿产区域”中，其含义是指南岭地区与W、Sn、Bi等矿产有关的燕山期花岗岩^[1,2]。目前的含义是包括南岭地区不同时代、不同成因的所有花岗岩类。

南岭地区花岗岩类岩石分布十分广泛，根据我们重新编制的1:200万中国南岭地区花岗岩类分布图（附图）统计，本区花岗岩类岩石的分布面积在170 000 km²以上，约占全区总面积的1/5，其中广东、福建两省花岗岩类岩石的分布面积各自分别占全省总面积的1/3以上。南岭地区花岗岩的广泛分布是与本区地壳演化历史息息相关的。因此，南岭花岗岩的研究不仅具有很大的经济意义，而且 also 具有重要的理论意义。

南岭地区交通方便，金属矿产开发较早。19世纪以前，矿产开发只限于采银、铜、锡及铁等。20世纪初，随着西华山黑钨矿矿床的发现和开采，南岭地区特别是赣南地区出现了自发的寻找钨矿的热潮，地表出露的一些大型黑钨矿矿床相继被发现，从而促进了地质工作的开展。1912年我国正式成立专门从事地质工作的政府机构之后，南岭地区就成为地质工作者重视的主要工作地区。早期的地质工作主要是开展矿山地质调查，虽然没有专门研究花岗岩，但在矿山地质调查的同时，已注意到了金属矿产与花岗岩的关系，积累了不少资料。1920年，翁文灏在《中国区域矿产论》^[1]一文中，提出我国南方（包括南岭地区）的花岗岩与钨、锡矿产有关，长江中下游的花岗闪长岩与铁、铜矿产有关，并认为两者形成于古生代之末侏罗纪之初。后来谢家荣（1936）在《中国之矿产时代及矿产区域》^[2]一文中，将华南与钨、锡等矿产有关的花岗岩称为香港式，将长江中下游一带与铁、铜矿产有关的花岗闪长岩称为扬子式，并认为白垩纪是我国南方最重要的成矿时代，香港式花岗岩、扬子式花岗岩均生于此时期，并将它们统称为燕山期花岗岩。谢家荣在该文中还将南岭地区划为一个独立的“矿产区域”，认为南岭矿产区域内的花岗岩产钨、锡、铋等矿产。后来，“香港式花岗岩”渐被“南岭花岗岩”所取代。应当指出，由翁文灏提出、被谢家荣发展的不同地区花岗岩有不同矿产的看法，在当时地质学发展水平上讲是难能可贵的。

抗日战争前夕和抗日战争期间,南岭地区的地质工作有了较大的发展。1936—1937年间,前中央地质调查所组织了南岭地质调查队,测制了1:100万南岭地质图,调查范围涉及赣、湘、粤、桂、黔五省(区),并就该区的地层划分、构造运动以及矿产等方面取得了不少新资料。与此同时,有些地质工作者开始对南岭地区的花岗岩形成时代提出怀疑。1937年,德日进认为,武功山一带的片麻状花岗岩可能形成于加里东期。1946年,严坤元的《江西花岗岩之时代问题》^[3]实际上是当时关于花岗岩形成时代问题讨论的一次总结,提出江西有新、旧两期花岗岩,一为太古界或元古界片麻状花岗岩,一为燕山期花岗岩,形成于侏罗纪之后,白垩纪之前。该文从构造运动情况分析,提出在中国南部加里东运动和燕山运动最为强烈,进而推测在中国南部应当有加里东期花岗岩存在,并认为这是“急宜解决之问题”。在此期间,也有人提出福建沿海花岗岩可能晚于江西花岗岩的看法。

新中国成立以后,地质工作得到了迅速发展。50年代随着1:20万区测工作和矿产普查勘探工作的广泛开展,开始进行了大面积范围内的花岗岩研究工作。1957年,南京大学地质系徐克勤等首先在江西信丰、上犹一带发现有确切地质证据的加里东期花岗岩体^[4],随后又发现诸广山、彭公庙等花岗岩体也属加里东期,从而为研究不同时代花岗岩与成矿作用关系打下了基础。

1959年,南岭区测队在1:20万区测资料的基础上,对南岭花岗岩的研究作了第一次系统总结,它们在《南岭侵入岩》^[5]一书中,将南岭花岗岩划分为前泥盆纪、印支期、燕山早期、燕山晚期等四个侵入期,重点对中生代以后的花岗岩的岩体地质、岩石学特点、副矿物组合及花岗岩中暗色包体等进行了论述和综合对比,并探讨了花岗岩与成矿作用关系,注意到了花岗岩类岩石中云母类矿物的种类不同可以作为含矿性不同的标志,提出产钨为主的花岗岩都普遍地、或多或少地含有白云母,而产锡为主的花岗岩则不含有白云母。从而成为南岭地区1:20万区测中对花岗岩研究的一个基本模式,这对提高南岭地区花岗岩研究水平起到了十分重要的作用。

50年代末60年代初,继我国发现姑婆山含褐钨铋矿花岗岩和苏州含铋铁矿花岗岩之后,南岭地区普遍开展含铋、钼花岗岩的普查找矿工作。与此同时,由李璞等领导的中国科学院地质研究所同位素年龄实验室和由程裕淇等领导的地质科学院同位素地质实验室相继发表了南岭花岗岩的同位素年龄数据^[6,7],进一步促进了南岭花岗岩的研究工作。1963年,徐克勤等发表了《华南多旋迴的花岗岩类的侵入时代、岩性特征,分布规律及成矿专属性探讨》^[8]一文,该文将华南花岗岩分为雪峰期、加里东期、印支期和燕山期,提出华南花岗岩存在多旋迴性,不同时期花岗岩具有不同的分布规律和构造控制特点,并认为有色、稀有金属矿产主要与燕山期花岗岩有关。1966年,南京大学地质系提交了《华南不同时代花岗岩及其与成矿关系》的科研报告,进一步论证了华南花岗岩多旋迴的发展特点,讨论了不同时代花岗岩岩石学特征及其与成矿作用的关系,应用花岗岩化的成因观点对华南花岗岩成因问题作了讨论,从而把花岗岩的研究向前推进了一大步。

70年代,随着1:20万区测工作的基本完成和许多有色、稀有金属矿床的勘探和开发,以及花岗岩研究中很多新的实验手段的应用,南岭花岗岩研究进入一个崭新的阶段,积累了更多更丰富的实际资料。与此同时,受国外新兴的板块构造学说、花岗岩成因新观点即大陆地壳硅铝质岩石深熔假说的影响,使我国地质工作者可以在新的资料基础上重新认识南岭花岗岩。这一时期的代表作是中国科学院贵阳地球化学研究所(1979)的《华南

花岗岩类的地球化学》^[9]、莫柱孙等(1980)的《南岭花岗岩地质学》^[10]和南京大学地质系(1981)的《华南不同时代花岗岩类及其与成矿作用关系》^[11]等三本专著。这三本花岗岩专著各有特色。它们从不同的角度系统地总结了南岭(或华南)地区近十几年来在花岗岩研究方面的主要成果,取得了一些共同认识。其中:《南岭花岗岩地质学》主要依据广东、广西、湖南、江西、福建五省(区)1:20万区测资料,使用大量的同位素年龄数据对南岭花岗岩的时代进行了详细划分,对不同时代花岗岩的分布特征、岩体地质、岩石学、矿物学及地球化学特征以及花岗岩的成矿模式作了详细讨论。《华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系》则对华南不同时代花岗岩类的成矿元素活化转移模式进行了深入的探讨,较好地解释了华南花岗岩的成矿作用特点;此外,该书还总结出华南花岗岩存在三个不同的成因系列,在国内产生了较大影响。《华南花岗岩地球化学》则根据对华南花岗岩较为系统的岩石、矿物、地球化学测试和实验研究工作所取得的大量资料,系统论证了不同时代花岗岩的继承、发展的演化关系,进而根据华南花岗岩的地球化学和成矿作用特点总结出南岭花岗岩存在两个成岩成矿系列,这与国外同期提出的“Ⅰ”型和“Ⅱ”型花岗岩或磁铁矿系列和钛铁矿系列花岗岩具有相近之处。

应当指出,南岭花岗岩虽已经数十年的悉心研究,取得了许多突破性进展,但至今还存在一些问题尚未得到完全解决。这些问题概括起来有以下几点:

1. 南岭地区存在多旋回、多期次花岗岩类,可以划分为四堡期(东安期)、雪峰期、加里东期、海西期、印支期、燕山期,这方面取得了比较一致的意见。但是,由于各家对南岭地区地壳演化历史、各时期地壳运动的强烈程度及影响范围认识不一,加上很多花岗岩类岩体还缺乏形成时代的地质证据,时代划分只能靠同位素年龄,而各家使用的同位素地质年表又不统一,因此在具体岩体的时代归属和划分上,往往出现不同的意见。其中在海西期、印支期花岗岩的时代划分及其分布广度,以及燕山期花岗岩如何进一步划分不同阶段等问题上表现尤为突出。

2. 南岭不同时代花岗岩具有不同的分布规律,从总体来看,花岗岩类岩体呈巨大的北东(北北东)向、近东西向岩带展布,形成的时代由北而南、由西向东,即由大陆向沿海方向越来越新。花岗岩类的这种时空分布规律,控制了南岭地区有色、稀有金属矿床的分布。但是,目前对控制南岭花岗岩带分布的构造特征、不同岩带或构造带的演化历史、展布范围及相互关系等都还缺乏系统地研究。对于本区的燕山期花岗岩目前多认为是受断裂带控制,在一些花岗岩分布图上,花岗岩岩体也常以断裂为界,但这些断裂究竟是什么性质?它们切割的深度有多大?是断裂构造控制花岗岩岩浆的形成和分布,还是花岗岩岩浆侵位派生了断裂构造?近年来国内有些学者试图用板块构造理论来解释南岭地区不同时代、不同类型花岗岩的分布和形成环境,这无疑是有意义的尝试。但是,南岭地区古板块的发展历史究竟如何?不同时期的板块边界在什么地方?所有这些问题都有待进一步研究。

3. 有关南岭花岗岩与成矿作用的关系,目前虽已冲破了过去单一的岩浆-热液成矿作用模式,并从多期次、多成因、多来源的观点出发,建立了很多新的成矿模式。但是有关成矿作用的两个主要问题——成矿物质来源问题和成矿物质聚集条件问题还有待于深化。鉴于这两个问题与花岗岩成岩物质来源和形成机制有着密切的联系,因此,必须从花岗岩成因的角度出发,对其进行深入的探讨。

4. 由不同时代花岗岩类所组成的复式岩体的大量存在是南岭花岗岩的一个重要区域性特征。过去将这些复式岩体都视为是一个整体, 并认为其早期花岗岩与晚期花岗岩之间为继承、演化关系。这是值得商榷的。从现有资料看, 南岭地区有的复式岩体, 其形成时代从早古生代直到中、晚中生代, 时间间隔长达几亿年。在这期间, 岩体所在地区的地壳岩石组成及其构造环境都发生了很大变化。因此, 它们很可能是不同时代、形成于不同构造环境花岗岩叠加的产物, 其中年轻花岗岩则可能是通过改造古老花岗岩形成的, 但这种改造作用的机制还有待于进一步研究。

5. 花岗岩的多成因观点被普遍接受, 但花岗岩的成因问题并没有完全解决。就南岭地区而言, 一个岩体往往会出现几种不同的成因解释, 这说明至今还没有一个被广泛接受的花岗岩成因的判别标志, 很多关于花岗岩的形成机制和成岩物质来源问题还处于假说阶段, 缺乏定量的实验模拟和再造。不同类型花岗岩是特定的地质环境的产物, 因此, 比较全面的、又便于应用的花岗岩成因分类, 是国内外刚刚兴起的花岗岩形成的地质环境分类^[12]。为此, 对南岭花岗岩的成因, 还有待于在深入了解该区大陆地壳的组成及演化历史的基础上, 作更进一步的研究。

为了推动南岭花岗岩研究工作的继续深入, 并促进本区的地质找矿、扩大矿产基地, 丰富和发展我国有关花岗岩的成矿理论, 在“六五”期间, 我们围绕国家重点科研攻关项目——“南岭地区有色、稀有金属矿床的控矿条件、成矿机理、分布规律及成矿预测”的总课题, 分21个三级课题对南岭花岗岩进行了较为全面和系统的研究, 取得了大量的新资料和新认识。《南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用》就是本次专题研究工作的总成果。在该成果编写过程中, 我们还注意收集并吸收了近几年来各地地质生产、科研教学单位及个人已发表的有关南岭花岗岩的新资料和新成果。

该成果共分14章。概括起来, 其主要进展有:

1. 根据构造层发育程度及不同的组合形式, 将南岭地区划分为四个花岗岩类的构造环境区, 论述了不同构造环境区内的花岗岩类的形成时代、类型、成矿作用等具有不同的特点。根据近几年所获得的新资料, 在前人工作基础上对南岭花岗岩形成时代作了进一步划分, 并在此基础上, 结合不同构造环境区的地壳组成和演化历史讨论了不同时代花岗岩的分布规律。

2. 通过不同时代、不同类型花岗岩典型岩体研究, 进一步丰富了南岭花岗岩类岩石学、矿物学、地球化学及实验岩石学资料; 首次提出岩石组合的概念并讨论了不同时代、不同成因花岗岩的岩石组合及其演化特点, 并系统地总结了不同时代、不同成因类型、不同含矿性花岗岩主要造岩矿物特征、副矿物组合及其标型特征。

3. 对南岭花岗岩类的岩石化学、微量元素及稀土元素等进行了全区范围的统计研究, 提出了不同时代、不同岩石类型花岗岩的平均化学成分及微量元素、稀土元素丰度; 指出了南岭花岗岩的岩石化学成分和稀土元素并不存在由老到新, SiO_2 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 、REE逐渐增加的演化规律。此外, 还对南岭花岗岩类已有的铷-锶和氧同位素资料进行初步统计研究, 提出了锶、氧同位素的花岗岩分类意见。

4. 从花岗岩类的物质来源和形成机制方面讨论了南岭花岗岩的成因问题及其分类, 初步总结了不同成因类型花岗岩的岩石、矿物、地球化学等鉴别标志。

5. 从花岗岩成因的角度讨论了花岗岩与成矿作用关系, 对成矿花岗岩的形成时代、

岩体地质、岩石学及地球化学等特征作了初步总结；讨论了成矿物质来源问题；对南岭地区隐伏成矿花岗岩提出了预测意见。

应当指出，经过五年来专题组全体成员的共同努力，我们在南岭花岗岩的研究方面虽然取得了一些进展，但仍存在着不少问题，我们提出的有些认识是否符合客观实际，也有待于地质工作实践作进一步的检验，加之我们条件及水平有限，文中错漏不妥之处，恳请大家批评指正。