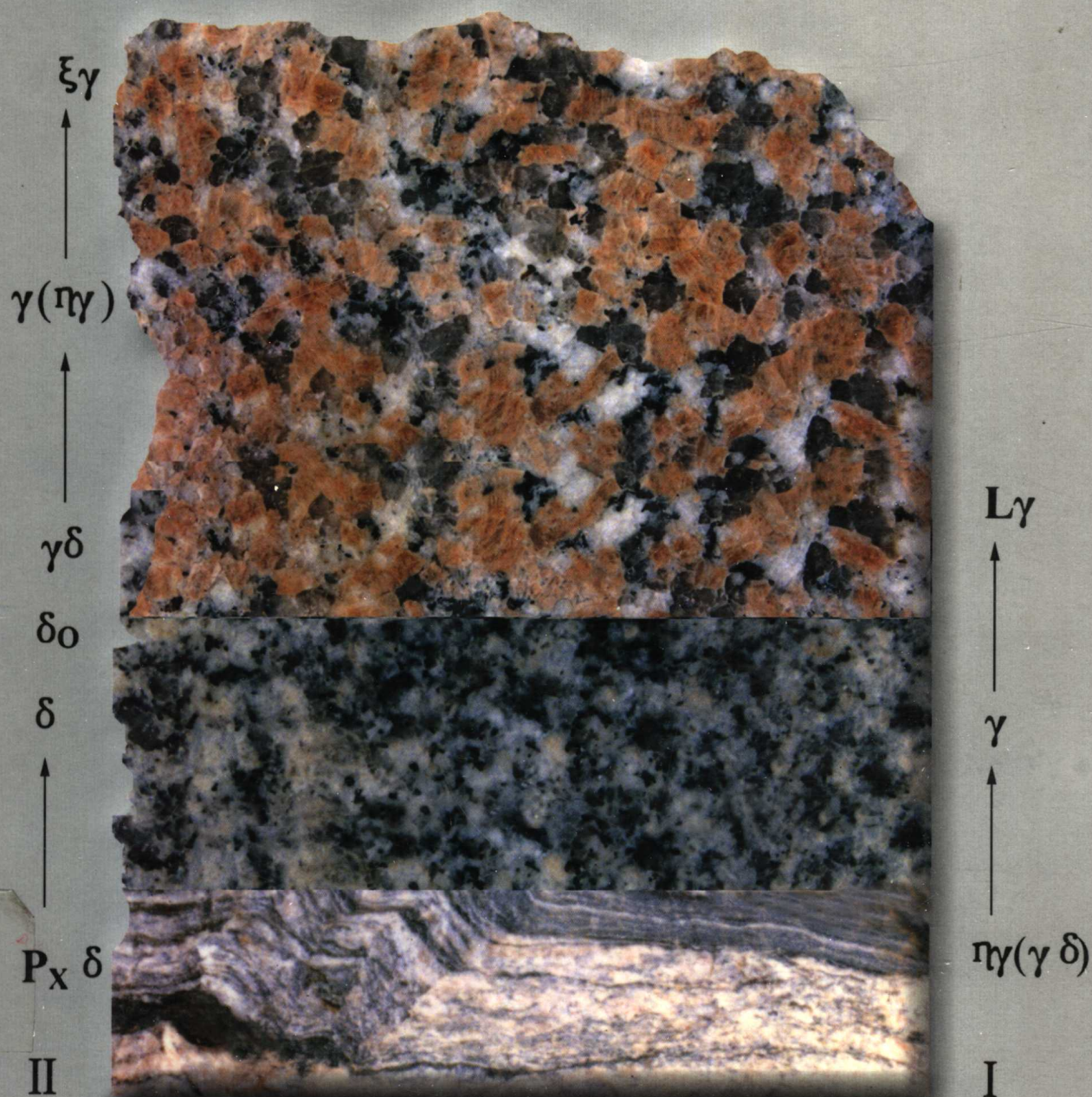


论花岗岩建造与系列

(以华南河台地区和粤西地区的花岗岩为例)

——兼论花岗岩三级成因分类

王联魁 沙连堃 徐文新 邓高强 张绍立 梁跃龙 著



1.000.17/7*

论花岗岩建造与系列

(以华南河台地区和粤西地区的花岗岩为例)

——兼论花岗岩三级成因分类

王联魁 沙连堃 徐文新 邓高强 张绍立 梁跃龙 著

广东科技出版社

· 广州 ·

THE THEORY OF GRANITE FORMATION AND SERIES

(Instanced in the granite of Hetai Area and
West Guangdong Province in South China)

—AND DISCUSSION ON GENETIC CLASSIFICATION OF GRANITE BY THREE GRADES

Writed by Wang Liankui Sha Liankun Xu Wenxin
Deg Gaoqiang Zhang Shaoli Liang Yuelong

Guangdong Science & Technology Press
Guangzhou China

图书在版编目 (CIP) 数据

论花岗岩建造与系列/王联魁等著. —广州: 广东
科技出版社, 2003.10
ISBN 7-5359-3218-5

I. 论… II. 王… III. 花岗岩—分类—研究
IV. P588.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 001180 号

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E - mail: gdkjzbb@21cn. com

http: //www. gdstp. com. cn

经 销: 广东新华发行集团

印 刷: 广东邮电南方彩色印务有限公司

(广州天河高新技术工业园建工路 17 号 邮码: 510630)

规 格: 889mm×1 194mm 1/16 印张 15.25 插页 4 插表 2 字数 420 千

版 次: 2003 年 10 月第 1 版

2003 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1~450 册

定 价: 90.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

内 容 提 要

该书作者长期从事华南地区,以至更大范围内的花岗岩研究,于 20 世纪 90 年代中期形成了花岗岩三级成因分类的思想和概念,即花岗岩可分为花岗岩建造、花岗岩系列和花岗岩类型三级,在成因上分别代表花岗岩形成的物理条件、化学条件和地质环境。

本书是在详细剖析华南河台地区和粤西地区花岗岩的基础上,根据详细的野外地质调查、花岗岩编图、岩石学、造岩矿物、副矿物、岩石化学、微量元素、稀土元素、同位素和物理化学计算等资料,将河台地区和粤西地区的花岗岩划分为混合岩、深熔花岗岩和岩浆花岗岩三种建造,进一步将岩浆建造花岗岩划分为浅源南岭(系列 I)和深源长江(系列 II)两个系列花岗岩,从而验证了花岗岩三级成因分类思想认识的可行性和客观实用性。书中第五章对花岗岩建造、系列的成因和划分判别标志作了论述;最后在第六章中对不同类型花岗岩形成的地质环境问题,进行了初步探讨。

本书系理论性研究成果,内容丰富,资料翔实,适用于地质科研、教学和生产第一线研究人员和高等专业院校师生应用,是广大地质工作者的一部重要参考书。

本书承

广东省科学技术厅资助出版

广东优秀科技专著出版基金会推荐

广东优秀科技专著出版基金会

顾问：钱伟长

(以姓氏笔画为序)

王 元	卢良恕	伍 杰	刘 杲
许运天	许学强	许溶烈	李 辰
李金培	李廷栋	肖纪美	吴良镛
汪家鼎	宋木文	宋叔和	陈元直
陈幼春	陈芳允	周 谊	钱迎倩
韩汝琦	焦树德		

评审委员会

主任：谢先德

委员：(以姓氏笔画为序)

卢永根	卢明高	伍尚忠	刘振群
刘颂豪	孙 玉	李任先	李宝健
张景中	张展霞	林浩然	罗绍基
庞雄飞	赵元浩	钟南山	容柏生
黄达全	黄衍辉	黄洪章	彭文伟
傅家谟	谢先德	蔡荣波	欧阳莲

序

花岗岩类是构成大陆地壳的主要岩石。花岗岩的成因历来是地质学家十分关注的问题。近30年来,花岗岩的成因研究大体上经历了3个里程碑。第1个里程碑以Chappell和White为代表,他们以成岩物质的来源为依据,将花岗岩划分为I型和S型;第2个里程碑以Pitcher为代表,将花岗岩的形成与构造环境联系起来,提出花岗岩的构造环境分类方案;近年来,国内外一些地质学家则强调将壳幔作用引入花岗岩的形成机制,可视为花岗岩研究的第3个里程碑。不同的地质学家各自从一个侧面去探讨花岗岩的成因,认识正处于不断的发展和深化之中,这是一个总的趋势。然而如何将物质来源、构造环境、成岩机制这几方面因素联系起来加以分析,则是一个值得进一步探索的问题。

在花岗岩成因的综合研究方面,王联魁教授等进行了一次成功的尝试。多年来,他和他的同事对中国东部花岗岩开展了卓有成效的研究,取得了不少创新性成果。在丰富的科研实践的基础上,提出了一个新颖的三级花岗岩成因分类方案。其核心思想是将不同成因、不同来源的各种花岗岩归入一定的花岗岩建造和系列,将花岗岩的物质来源、构造环境、岩石组合和成岩机制诸方面因素联系起来进行分析,以便将各种成因的花岗岩最大限度地包容进来,这个思路是十分正确的。为了论证这个方案的可行性,作者运用典型解剖的方法,重点对河台地区和粤西地区的花岗岩进行了系统深入的研究,将两个地区的花岗岩划分为混合岩建造、深熔花岗岩建造和岩浆花岗岩建造,并进一步将岩浆花岗岩建造区分为浅源南岭系列花岗岩(系列I)和深源长江系列花岗岩(系列II),最后通过综合分析和系统对比,提出了花岗岩建造和系列的判别标志,以及形成的物理化学条件。这些均表明这一花岗岩三级成因分类方案是可行的,是有一定的普遍意义的。

花岗岩建造的三分法符合自然界的客观实际,三种建造之间的联系和区别十分明显。其中,深熔花岗岩建造显示由混合岩建造向岩浆花岗岩建造过渡的特点。将中国东部燕山期花岗岩区分为南岭系列和长江系列,这是个创造。两者的差异归根结底是物质来源、构造环境和壳幔作用强度的差别。实践出真知,上述规律的获得正是作者多年来丰富的实践经验在理论上升华的结果。这些规律性认识对于从事花岗岩研究工作的专业人员无疑具有一定的启示意义和重要的指导作用。

王德胜

2001年12月

前言

花岗岩是地球上分布最广泛的火成岩，它的岩石类型繁多，产出构造环境复杂，有大量重要和丰富的矿产资源在成因上都与花岗岩有关，因而它的成因分类一直是国内外学者关注的热点。许多国内外学者从物质来源、地质环境、侵入机制、成因演化和板块构造活动等不同角度出发，已提出了各种成因分类方案。这些方案，在花岗岩研究方面确实起到了积极的推动作用。但综观全局，大多数花岗岩成因分类方案都存在分类标准单一的问题，因而在应用上具有局限性。

我们根据近几十年来对中国东部花岗岩的研究，和对美国、法国、俄罗斯、捷克、日本、加拿大等国家花岗岩的实际考察，提出了按形成的物理、化学条件和地质环境三级标准将花岗岩分为建造、系列和类型的三级花岗岩成因分类方案。

为了检验这一分类的可行性，我们对广东河台地区和粤西地区的花岗岩进行了详细研究。根据地质构造、同位素年龄、岩石学、矿物学、主要元素、微量元素、稀土元素和同位素地球化学等方面的资料和数据，按三级花岗岩成因分类方案对该地区的花岗岩进行了成因分类，比较详细地论述了花岗岩建造和系列。实践证明，该成因分类方案具有鲜明的客观性和广泛的适用性。在此基础上，我们总结了许多判别花岗岩建造和系列的标志，以便广大地质工作者在实践中应用。此外在推广应用三级花岗岩成因分类方案的过程中还需进一步积累资料和深入探讨，以便对方案做进一步的改进和修订。

本书主要部分——对河台地区花岗岩的研究，已通过由李文达教授、于津生研究员、古菊云教授级高工和刘师先高工等组成的鉴定组鉴定，并给予高度评价。鉴定组认为该研究已达到国际先进水平。另一重要部分即粤西地区花岗岩建造和系列的研究，已通过同行专家会议形式的省部级鉴定，认为花岗岩的建造和系列研究部分，已达到国际先进水平。国际花岗岩研究的权威 W. S. Pitcher 教授于 1991 年 9 月来函同意我们提出的“三级成因分类方案”。此外，《花岗岩三级成因分类》文章还得到国际专业杂志的引用。

本书写作分工：前言，王联魁；第一章，王联魁；第二章，王联魁、徐文新、梁跃龙；第二章的第四节，张绍立；第三章，徐文新、王联魁、邓高强；第四章，沙连堃、王联魁、邓高强；第五章，王联魁、张绍立、徐文新；第六章，王联魁、徐文新、邓高强；结论，王联魁，最后由王联魁统稿。除以上作者外，先后参加此项研究工作的，还有刘师先、王慧芬、倪巧珍、饶冰、杨文金、杨浩、黄智龙和柳少波等研究人员。

于津生教授、梅厚钧教授审阅了全部初稿，白正华教授、曹俊臣教授、朱炳泉教授审阅了初稿的部分章节，均提出了许多宝贵意见，作者已做了相应的修正。写作过程中，柳少波高工等给予了大力支持，还得到中国科学院广州分院前院长谢先德院士（俄）和本所傅家谟院士以及所领导夏斌所长、彭平安副所长和所长助理曹裕波以及科技处夏萍处长的大力支持，并获得中国科学院广州地球化学研究所一部分出版经费的资助，仅此，对以上多方面给予的热情帮助，表示作者的衷心感谢！

鉴于作者研究水平有限，书中难免有不当之处，敬请广大读者给予批评指正。

王联魁

2001 年 3 月 20 日

于中国科学院广州地球化学研究所

目 录

第一章 花岗岩三级成因分类方案

- 一、花岗岩建造 (5)
- 二、花岗岩系列 (8)
- 三、花岗岩类型 (9)

第二章 河台地区花岗岩建造和系列的地质、岩石与地球化学

第一节 花岗岩的时代划分 (15)

- 一、加里东期 (17)
- 二、海西—印支期 (18)
- 三、燕山早期 (19)
- 四、燕山晚期 (19)

第二节 花岗岩建造和系列的地质特征 (20)

- 一、混合岩建造 (20)
- 二、深熔花岗岩建造 (22)
- 三、岩浆花岗岩建造 (25)
- 四、浅源南岭系列花岗岩(系列 I) (25)
- 五、深源长江系列花岗岩(系列 II) (27)

第三节 花岗岩的岩石学特征 (32)

- 一、混合岩建造 (33)
- 二、深熔花岗岩建造 (33)
- 三、岩浆建造南岭系列花岗岩(系列 I) (34)
- 四、岩浆建造长江系列花岗岩(系列 II) (35)

第四节 花岗岩的副矿物 (38)

- 一、不同建造和不同系列花岗岩的副矿物 (39)
- 二、河台地区花岗岩副矿物综合对比和判别建造、系列的副矿物标志 (46)

第五节 花岗岩岩石化学特征 (47)

- 一、混合岩建造 (47)
- 二、深熔花岗岩建造 (51)
- 三、岩浆建造南岭系列花岗岩(系列 I) (51)
- 四、岩浆建造长江系列花岗岩(系列 II) (51)
- 五、不同建造和不同系列花岗岩岩石化学变化趋势 (52)
- 六、判别花岗岩建造和系列的岩石化学和矿物化学标志 (55)

第六节 花岗岩的微量元素地球化学 (58)

- 一、混合岩建造 (58)
- 二、深熔花岗岩建造 (61)
- 三、岩浆建造南岭系列花岗岩(系列 I) (61)
- 四、岩浆建造长江系列花岗岩(系列 II) (61)

目 录

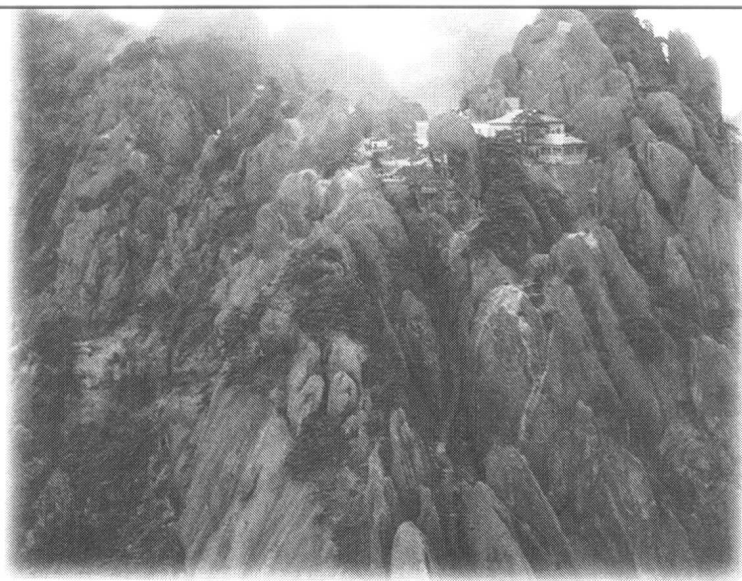
五、同一建造或同一系列花岗岩中微量元素的变化	(63)
六、区别不同建造和不同系列花岗岩的微量元素标志	(65)
第七节 花岗岩的稀土元素地球化学	(66)
一、混合岩建造	(67)
二、深熔花岗岩建造	(70)
三、岩浆建造南岭系列花岗岩(系列Ⅰ)	(71)
四、岩浆建造长江系列花岗岩(系列Ⅱ)	(72)
第八节 花岗岩同位素地球化学	(76)
一、花岗岩与混合岩的锶同位素组成	(76)
二、花岗岩与混合岩的氧同位素组成	(79)
三、花岗岩与混合岩的铅同位素组成	(79)
四、花岗岩与混合岩的黑云母氢同位素组成	(83)
第九节 本章小结	(84)
一、三种花岗岩建造的形成条件和基本特征	(84)
二、两个系列花岗岩的成因	(88)
第三章 粤西地区花岗岩建造和系列的地质、岩石与地球化学	
第一节 花岗岩地质特征和岩石学	(95)
一、混合岩建造	(95)
二、深熔花岗岩建造	(97)
三、岩浆花岗岩建造	(99)
第二节 花岗岩的副矿物特征	(103)
一、副矿物的种类及组合	(103)
二、不同建造与不同系列花岗岩副矿物特征的异同	(108)
第三节 花岗岩岩石化学	(110)
一、花岗岩的岩石化学成分及其特征参数	(110)
二、花岗岩的岩石化学变化趋势	(116)
三、花岗岩岩石化学成分的结构分析	(118)
第四节 花岗岩微量元素地球化学	(120)
一、岩浆建造南岭系列花岗岩(系列Ⅰ)	(120)
二、岩浆建造长江系列花岗岩(系列Ⅱ)	(120)
三、混合岩建造	(121)
四、深熔花岗岩建造	(121)
五、各建造和系列花岗岩在微量元素标准化曲线图上的反映	(124)
第五节 花岗岩稀土元素地球化学	(127)
一、混合岩建造	(127)
二、深熔花岗岩建造	(128)

目 录

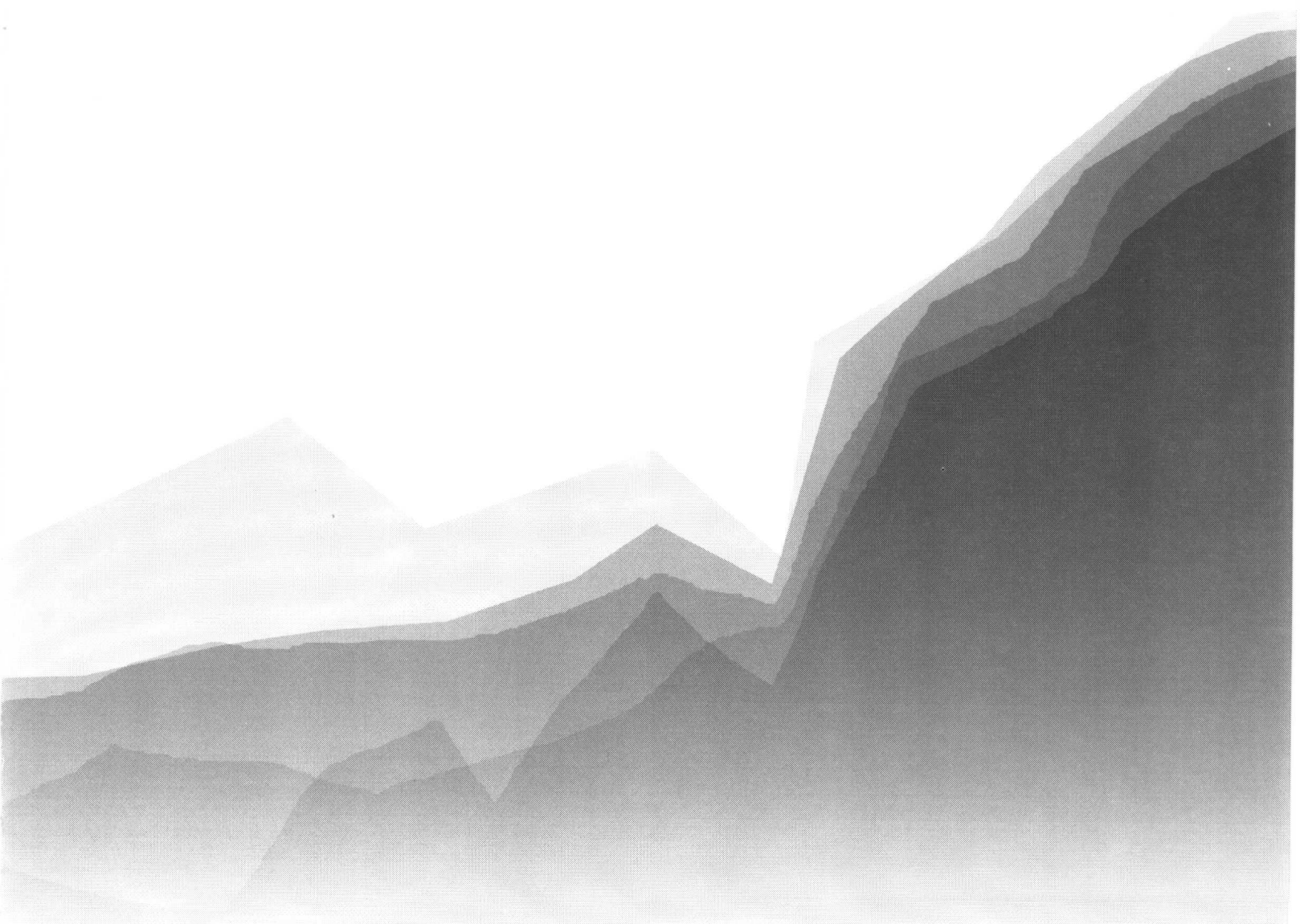
三、岩浆建造南岭系列花岗岩(系列 I)	(130)
四、岩浆建造长江系列花岗岩(系列 II)	(132)
五、花岗岩的稀土元素模拟计算	(137)
第六节 花岗岩同位素特征	(139)
一、锶同位素组成	(139)
二、氧同位素组成	(140)
第七节 本章小结	(142)
第四章 花岗岩建造和系列形成的物理化学条件	
第一节 花岗岩建造与系列形成的温度和压力的估算	(149)
一、花岗岩的矿物组合特点与温压计的选择	(149)
二、地质温压计的热力学基础	(149)
三、地质温压计的样品分析方法	(158)
四、不同建造和不同系列花岗岩形成温度的计算结果及讨论	(158)
五、不同建造和不同系列花岗岩形成压力条件的讨论	(167)
第二节 不同建造和不同系列花岗岩的黑云母地球化学及氧逸度	(170)
一、黑云母的晶体化学与地球化学的关系	(170)
二、黑云母地球化学	(171)
三、氧逸度(fO_2)	(177)
第三节 不同建造和不同系列花岗岩的水分压(P_{H_2O})	(180)
第四节 花岗岩锆石熔融包裹体的测温	(181)
一、测温实验方法	(181)
二、温度测定结果	(181)
第五章 花岗岩建造和系列的成因和判别标志	
第一节 三种花岗岩建造的形成条件和基本特征	(187)
一、混合岩建造	(187)
二、深熔花岗岩建造	(189)
三、岩浆花岗岩建造	(191)
第二节 两个系列花岗岩的成因	(193)
一、浅源南岭系列花岗岩(系列 I)的成因	(193)
二、深源长江系列花岗岩(系列 II)的成因	(195)
第三节 不同建造和不同系列花岗岩的判别标志	(197)
一、花岗岩建造的判别标志	(197)
二、花岗岩系列的判别标志	(199)
第六章 对不同类型花岗岩形成的地质环境的初探	
一、花岗岩类型划分的同位素特征	(207)
二、微量元素划分花岗岩类型	(212)

目 录

三、主要元素划分花岗岩类型	(217)
四、初步讨论不同类型花岗岩形成的构造(地质)环境问题	(221)
结语	(225)
参考文献	(229)
图版及说明	(233)



第一章 花岗岩三级成因分类方案



花岗岩分类, 在历史上除用矿物组成和化学成分作为标准外, 还有很多其他的分类标准。从成因角度, H.H. Read (1956) 提出造山花岗岩系列, 以时间和空间的变化规律将各类花岗岩统一起来, 分为原地花岗岩→准原地花岗岩→侵入岩浆花岗岩→浅成花岗岩系列。20 世纪 50~60 年代, 欧洲流行的是按构造运动与花岗岩的关系将花岗岩划分为前造山、同造山、晚造山、造山后和非造山等 5 种类型花岗岩。池田幸雄(1977)按侵入机制将花岗岩分为底辟型、顶蚀型和岩脉岩床贯入型等 3 类。70 年代以来, 兴起按物质来源划分花岗岩类型, 如 B.W. Chappell (1974) 将花岗岩分为 I 型和 S 型; S. Ishihara (1977) 将花岗岩分为 Mt 型和 I1 型; 王联魁(1975, 1979, 1982) 将花岗岩分为系列 I (南岭系列) 和系列 II (长江系列)。80 年代以来, 国内学者非常重视物质来源分类, 如徐克勤(1980)、涂光炽(1981)、杨超群(1981)、边效曾(1982)、刘家远(1978~1981)、董申葆(1982)、吴利仁(1985)、邓诗锴(1981)、章崇真(1980)、周维勋(1980)、彭大良(1984)、安三元与卢欣祥(1982)、赵子杰(1981)、严阵(1985)、李之彤(1982)和李宗裕(1981)等根据各自的研究提出了类似的分类方案。

世界上, 较早按地质环境进行花岗岩分类的是苏联学者 Ю А Кузнецов (1964), 他的分类如下:

1. 活动带地槽发展阶段花岗岩

- (1) 辉长岩-闪长岩-辉绿岩建造;
- (2) 辉长岩-斜长花岗岩建造;
- (3) 斜长花岗岩建造。

2. 活动带造山阶段花岗岩

- (1) 辉长岩-闪长岩-花岗闪长岩建造;
- (2) 辉长岩-二长岩-正长岩建造;
- (3) 次火山花岗岩建造;
- (4) 岩基花岗岩建造;
- (5) 岩基花岗闪长岩建造;
- (6) 复杂成分岩基花岗岩建造。

3. 稳定区

花岗岩和辉长岩-花岗岩中心式侵入建造。

4. 地盾和古地台早期

- (1) 角闪岩相混合岩与相关的深熔岩建造;
- (2) 麻粒岩相混合岩与相关的紫苏花岗岩建造;
- (3) 环斑花岗岩建造。

W.S.Pitcher (1983, 1987) 结合板块构造, 按地质环境将花岗岩分为以下类型:

1. 造山花岗岩

- (1) 西太平洋型(大洋岛弧);
- (2) 安第斯型(陆缘唇弧-俯冲带);
- (3) 海西型(大陆偏斜碰撞);
- (4) 加里东型(后构造隆起)。

2. 非造山花岗岩

尼日利亚型(大陆裂谷)花岗岩。

我国学者莫柱孙(1985)按地质环境将花岗岩分为以下类型:

1. 地槽区花岗岩

- (1) 分异型花岗岩;
- (2) 变质型花岗岩。

2. 地台区花岗岩

3. 活化区花岗岩(地洼区)

4. 大陆边缘断裂区花岗岩

- (1) 同熔型花岗岩;
- (2) 碱性花岗岩。

此外,胡受奚(1986~1991)^[1]将花岗岩与不同类型俯冲带联系起来,分为A型(A型俯冲)、B型(B型俯冲)和AB型等3类花岗岩带。

由上述可知,虽然花岗岩分类标准很多,但均以单一的分类标准为主,这样的分类只能包括其中的一部分花岗岩。如Read的造山系列,只包括与碰撞带有关的各种类型花岗岩,即从混合岩至半原地或他地花岗岩等,而无法包括俯冲带、裂谷带产生的大量岩浆花岗岩;按不同物质来源划分花岗岩类型,目前虽然已分出I、S、M、A等诸多类型,但仍只包括岩浆花岗岩部分,而对造山带中大量原地或半原地混合花岗岩,则没有涉及。因此,如何把变化复杂、多种成因、多种来源的各种花岗岩用一个较科学的分类方案统一起来,已成为摆在花岗岩研究者面前的一项重要任务。

在野外实际工作中常常遇到一些花岗岩体,其一侧与围岩具清晰的接触界线,而另一侧则呈逐渐过渡的关系。另外,有些岩体虽然与围岩具明显的接触界线,但外貌上又与混合岩相似。因此,到底这些花岗岩体是混合花岗岩还是岩浆花岗岩,常常令人难以判断。由于国内有些花岗岩工作者常习惯地把混合岩或混合花岗岩理解为交代成因,将花岗岩理解为岩浆成因,于是,上述情况往往演变成“交代”与“岩浆”观点之争。又如我国北方一些地方,由地层转生的混合岩和混合花岗岩,按其物质来源应为地壳物质的产物,但是其所显示出的许多地球化学特征却是深源物质所具有的,与俯冲带花岗岩在物质来源标志上相类似。这些现象使实际工作者迷惑不解,因为其很难应用上述各种分类方案划分。鉴于目前成因分类在理论和实际中存在的问题,作者试图从实际情况出发,对花岗岩成因分类作进一步探讨,以促进上述两方面问题的解决。

花岗岩形成的控制因素甚多,其种类和类型自然也很多。花岗岩的自然组合和演化系列表明:广义的花岗岩一方面应包括花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、石英二长岩、石英正长岩和闪长岩,甚至更偏基性的辉石闪长岩和辉长岩;另一方面还应包括向碱性岩过渡的二长岩、正长岩、钠闪石花岗岩和钠辉石花岗岩;同时从与变质岩的关系看,花岗岩还可以包括含有变质岩残留体多少不等的各种类型混合岩和含有许多变质残留晶的花岗岩。可见,花岗岩与基性岩浆岩、碱性岩浆岩和变质岩都有过渡关系,这些过渡部分的岩石与花岗岩主体岩石都是组成花岗岩体不可分割的部分。因此,上述列举的所有岩石应视为一个整体,我们称之为“花岗岩体系”。

本书将从花岗岩体系出发来探讨花岗岩的成因分类。现提出三级成因分类的设想:第1级,按形成方式,把花岗岩体系分为不同的花岗岩建造(即按物理分类标准);第2级,按物质来源,把花岗岩建造进一步分为不同系列(即按化学分类标准);第3级,按地质环境,把花岗岩系列分为不同类型(即按综合地质构造标准)。

[1] 胡受奚等,东秦岭有色金属、贵金属成矿规律研究,1986