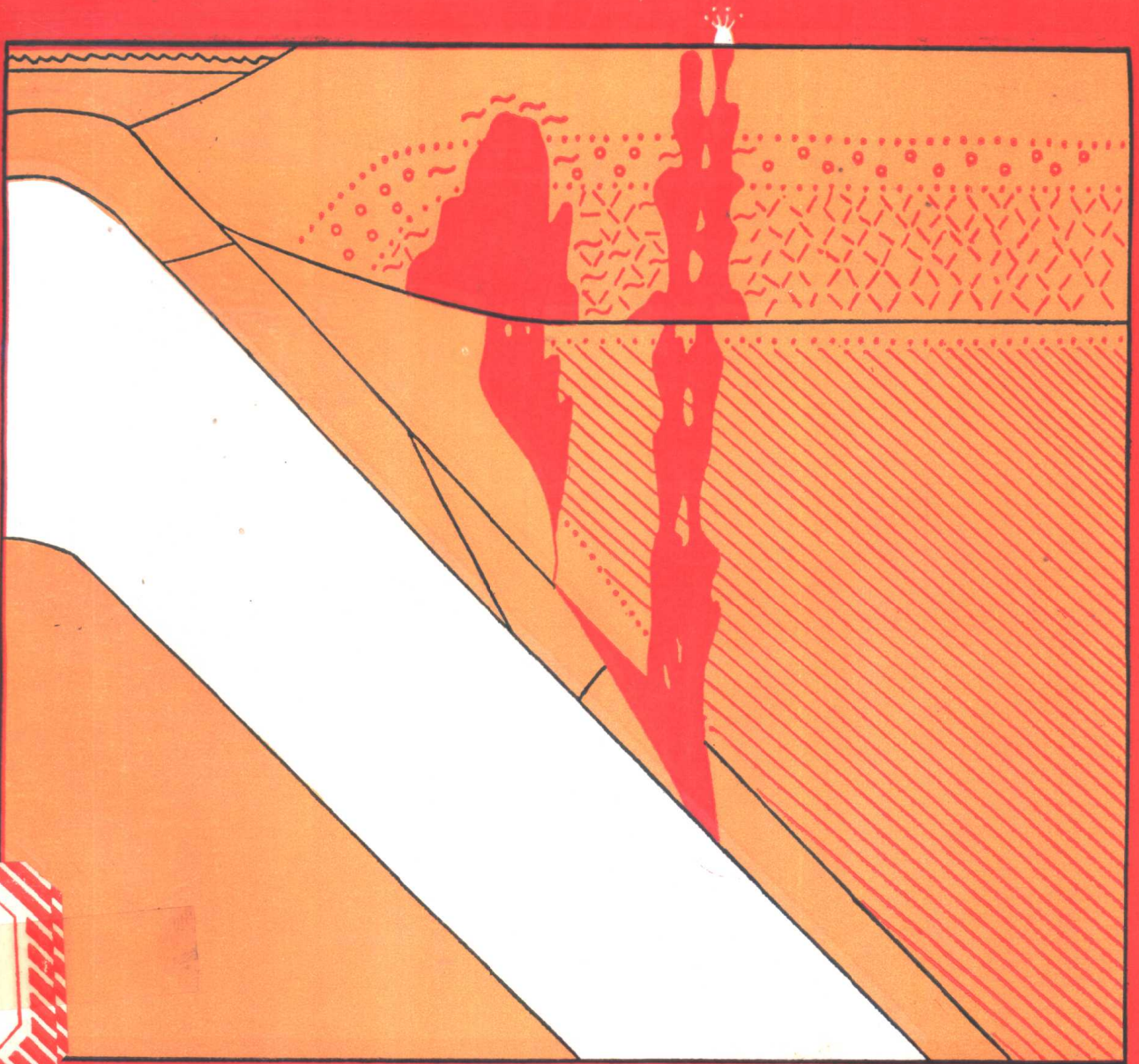


挤压-俯冲作用与孪生花岗岩带

胡志宏 胡受美 著



11

地质出版社

挤压—俯冲作用与孪生花岗岩带

胡志宏 胡受奚 著

期

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书运用岩石学、岩石物理化学、地球化学和大地构造学等多学科交叉和综合的研究方法,对大陆边缘和大陆内部广泛分布的、与B型俯冲带、陆内挤压-俯冲带或陆内挤压-下行韧性剪切带等以挤压-俯冲为基本运动特征的构造活动带有关的花岗岩带成因、分布及其与构造运动的因果关系进行了全面系统地研究。作者从分析地球浅部层圈物质分异、运移及相互作用的动力和产物之间的相互关系入手,全面阐述了以不同岩浆发生机制为依据的花岗岩成因分类体系;广泛研究了不同机制形成的两个系列花岗岩带在不同构造环境中的成双、成单及组合等空间排布规律,首次提出了孪生花岗岩带的概念,总结了不同构造环境下发育的A型、B型及AB型等三种孪生花岗岩带形式,指出了陆内挤压-下行剪切断裂带变质岩、混合岩、花岗岩分布的单向侧分带规律;在此基础上,结合实验岩石学、大地构造学及地球物理学的研究成果,精辟地论证了构造运动过程中花岗岩浆发生、定位及不同成因岩带排布规律的构造-岩浆-热力学模式,实现了花岗岩成因与构造运动机制在地球浅部的物质分异原理、规律、动力和产物上的统一。本书首次将碰撞造山带的陆内挤压-俯冲模式、陆内挤压-下行韧性剪切带模式引进花岗岩研究领域,是近十余年来花岗岩成因与板块运动关系研究领域的最新成果。

本书立论新颖、思路清晰、资料丰富、涉及面广,适合于从事地质学、地球化学、地球物理学、大地构造学等领域的研究人员和大专院校地质专业的师生参考。

挤压-俯冲作用与孪生花岗岩带

胡志宏 胡受奚 著

责任编辑:叶丹

地质出版社出版发行
(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷
(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: 12.875 字数: 292,000

1993年3月北京第一版·1993年3月北京第一次印刷

印数: 1—500册 定价: 8.60元

ISBN 7-116-01222-2/P·1031

前 言

人们很早就注意到岩基规模的花岗岩带总产于相应时代的大陆边缘或大陆内部造山带中,并且与特定的造山运动显示有密切的因果联系,为了揭示这种关系,几代地质学家付出了艰辛的努力。在过去20年中,迅速“登陆”的板块构造理论革新了旧的构造体系,并建立了大陆边缘和大陆内部新的构造环境框架,为研究地球内部的物质运移与交换提供了动力学机制;用全球的化学分异观点研究岩石成因的方法取代了侧重岩类学描述和思辨性岩石成因假说的研究方法;日益精辟的岩石相平衡成果为揭示自然界岩浆发生、发展规律提供了物理化学的制约准则。这一系列新的进展使今天的岩石成因研究已成为对壳幔之间、地壳内部不同深度层次之间物质交换、运移和相互作用的动力、方式和产物进行整体探索的重要组成部分,为我们重新全面评价广泛分布于不同时代造山带中的花岗岩浆发生及其与构造运动的关系提供了必要的前提。正因如此,不同成因花岗岩带分布规律与板块运动的因果关系研究一跃成为80年代地球科学的前沿课题。

考察这一课题的已有成果,我们在为前人富有成效的研究而深受启发和鼓舞的同时,深深感到,将以区别不同源岩属性为核心的花岗岩成因分类理论引入花岗岩浆起源与板块运动关系的研究课题使研究工作进入了一条狭窄的胡同。一方面,不同源岩衍生的花岗岩带的分布受制于陆壳内部不同性质源岩的分布,后者与板块构造的不同运动方式没有固定的相关关系;另一方面,花岗岩的地球化学数值特征与岩浆发生机制的不对应性也使得关于不同时代、不同岩带的成因与构造运动关系的解释陷于似是而非的境地。我们认为:由板块运动引起的各种构造活动(如俯冲作用、裂谷作用等)是地球浅部至软流层的不同深度层圈之间物质分异、交换和相互作用的动力,花岗岩带则是这种分异、交换和相互作用过程的重要产物;构造运动在一定深度范围内改变了岩石圈内部的原有 $T-P$ 分布格局,导致了原有物质平衡的破坏,引起岩石圈内部发生强烈的物质分异、运移和相互作用,从而导致了不同成因机制花岗岩带的形成。借助对不同岩浆发生机制形成的花岗岩带分布规律及其与板块运动对应时空关系的研究,配合对构造运动引起的岩石圈内部 $T-P$ 分布的变化规律和由这一变化引起的物质分异、迁移和相互作用规律的综合分析,可以有效地揭示花岗岩成因与板块运动的关系,从而将花岗岩带的岩浆发生机制与板块构造的运动机制从地球浅部层圈的物质分异原理、规律、动力和产物上有机地统一起来。

本书是在前人研究基础上,运用上述学术思想取得的成果。课题的研究工作从1985年开始,到1991年结束,在历时六年的时间里,我们首先对前人已有的成果进行了广泛地归纳总结,在此基础上,对我国福建、广东、湖南、江西、河南、陕西等六省12个花岗岩带进行了实地考察和室内研究,与此同时,在东秦岭地区和福建、江西等地进行了多次长距离、大规模的重点构造-地层剖面的研究工作;1988年初完成了本书初稿。1988年6月在由来自中国科学院、中国地质科学院、中国核工业总公司、中国有色金属总公司、中国地质大学和南京大学等单位十多名专家组成的评审组进行的专题评审中,得到了与会专家的充分肯定。此后,根据专家们的评审意见,从1988年到1991年,我们又进行了一系列

的补充研究工作，最终完成了本书。

由于课题涉面甚广，限于时间和经费，几年中，虽然我们付以极大的热情和辛勤的劳动，但文中仍然存在不少问题。缺少必要的、针对具体地区的成岩实验和对岩带的成岩过程缺少 Sm-Nd、Rb-Sr 及 U-Th-Pb 同位素体系的示踪是本书显而易见的缺陷；目前，微量元素测试的相对误差仍然较大（常大于5%），这就使得它们的相互协变关系往往因太大的离散而失去鉴别成岩作用的意义，在一定程度上也限制了对岩带的成岩机制研究；此外，我们对板块、地体、板片（或岩片）俯冲过程中的俯冲带热结构以及每一具体地区的下地壳及上地幔组成及差异等重要问题也还了解甚少，这就使得本文有关挤压-俯冲作用产生不同成因花岗岩的机制仍有很大程度的推断性。但是，我们相信：今天的理论都将成为明天的历史，它们只是未来历史的一页，而不是具有决定意义的答案。我们希望，本书所提出的认识能进一步获得实践的检验，并在科学的进展中得到修正和发展。

限于水平和力量，文中难免存在缺点和错误，本书的作者真诚希望得到同行们的批评指正。若本书的出版能对从事与本课题及相关研究的同行们有所启发，起到抛砖引玉作用的话，则不枉作者撰写此书的初衷了。

在本课题的工作期间，徐克勤教授、王德滋教授自始至终给作者以热情的支持，并多次提出建设性建议，对本文学术思想的完整化和系统化起了积极的促进作用；王益锋、褚强、杨荣勇等参加了部分野外工作；初稿完成后，承蒙中国地质大学翟裕生教授、南京地质矿产研究所李文达教授、王文斌研究员、中科院贵阳地球化学研究所王联魁教授、核工业总公司北京第三研究所戎嘉树研究员、华东有色勘探公司张守韵高级工程师、江苏地矿局陈思松高级工程师、南京大学徐克勤教授、张祖还教授、王德滋教授、朱金初教授、任启江教授、孙明志副教授、顾连兴副教授等16位专家从百忙中审阅了全文，提出了许多宝贵的意见，对课题的后期工作起了积极的推动作用；周顺之副教授为本书的最终定稿给予了极大的支持；此外，在课题工作期间，得到了湖南地质实验研究中心任湘眉高级工程师、广东地质实验室季荣贵高级工程师、地球科学系王赐银副教授、武耀诚副教授、王尔康副教授及许多其它老师的很大支持；河南、福建、广东、湖南、江西等省有关矿山、地质队、科研所的许多同志给课题的野外工作以大力的支持和帮助；本校现代分析中心、湖南地质实验研究中心、江苏地质矿产局实验室、华东冶金地质勘探公司实验室、北京第三研究所、沈阳地质矿产所等单位为本课题的样品测试提供了方便；在此，笔者谨向上述单位和个人表示衷心的感谢！

最后，有必要着重指出的是，本文是在大量前人工作，特别是南京大学地球科学系几代人的工作基础上取得的成果，文中引用了大量前人公开或未公开发表的资料，从这一意义上说，本文应属集体劳动的结晶。在此，笔者谨向他们表示崇高的敬意！

本课题先后得到地质矿产部“东秦岭有色金属、贵金属成矿规律研究”项目基金、国家自然科学基金、国家自然科学基金青年基金、南京大学育苗基金的资助。

作 者

1991年8月于南京大学

目 录

第一章 花岗岩成因与板块运动关系的研究现状	1
第一节 花岗岩研究评述	1
一、花岗岩成因研究的历史回顾	1
二、花岗岩成因分类评述: 意义及其局限性	2
三、花岗岩形成机制的多样性及其成因、分布与板块运动关系的研究评述	4
第二节 花岗岩成岩机制分类和孪生花岗岩带	6
一、花岗岩成岩机制分类	6
二、区分两种不同意义的花岗岩分类标志	7
三、花岗岩形成的构造环境问题	7
四、孪生花岗岩带	9
五、花岗岩成岩机制分类体系与源岩分类体系的关系	11
第二章 不同成因机制形成的两个系列花岗岩判别标志及其控制因素	12
第一节 熔体诱发-同熔系列和流体诱发-改造系列花岗岩的岩石学及矿 物学判别标志	12
一、花岗岩的产状及岩石组合	12
二、花岗岩的长石组成及结构态	12
三、花岗岩的黑云母成分参数	15
四、两个系列花岗岩的岩石学、矿物学差异与其形成机制的关系	19
第二节 熔体诱发-同熔系列和流体诱发-改造系列花岗岩的地球化学演 化特征的差异及其控制因素	21
一、花岗岩的岩石化学指数演化特征	21
二、花岗岩的 K_2O-SiO_2 协变关系	21
三、花岗岩的稀土元素及同位素协变关系	23
四、控制两个系列花岗岩地球化学演化特征差异的因素	25
第三节 地球化学数值参数用于判别熔体诱发-同熔系列和流体诱发-改 造系列花岗岩的可能性与局限性	28
一、花岗岩的岩石化学指数—— Al' 值及 K_2O/Na_2O 比值	28
二、花岗岩的稀土元素参数及其配分型式	30
三、花岗岩的微量元素及同位素数值参数特征	37
第四节 熔体诱发-同熔系列和流体诱发-改造系列花岗岩的判别标志	42
第三章 大陆内部挤压俯冲背景下两个系列花岗岩分带(I): 东秦岭燕山期 A型孪生花岗岩带	44
第一节 A型孪生花岗岩带形成的构造背景	45
一、华北地台南缘的构造格架发展及演化	45
二、东秦岭北部陆内挤压-俯冲的构造模式	45
三、东秦岭北部陆内挤压-俯冲作用构造要素的存在证据	46

四、东秦岭北部陆内挤压-俯冲的岩石成因记录	49
五、东秦岭北部陆内挤压-俯冲作用与李生花岗岩带的关系	49
第二节 A型李生花岗岩带形成的源岩背景	50
第三节 A型李生花岗岩带中熔体诱发-同熔系列和流体诱发-改造系列	
两个不同成因岩带的形成时代及地质特征	52
一、两岩带的形成时代	52
二、两岩带的产状及岩石组合	52
三、两岩带中两个典型岩体的岩石类型及其相互关系剖析	53
第四节 A型李生花岗岩带中熔体诱发-同熔和流体诱发-改造两个不同	
成因岩带的矿物学特征及其差异	54
一、两岩带中两个典型岩体的造岩矿物对比	54
二、两岩带岩体中钠长石分配比的差异	56
三、两岩带岩体中钾长石结构态的差异	57
四、两岩带岩体中黑云母组成的差异	57
第五节 A型李生花岗岩带中熔体诱发-同熔和流体诱发-改造两个不同	
成因岩带的地球化学演化特征对比	59
一、两岩带岩体中 Al' 及 K_2O/Na_2O 比值的演化及 K_2O-SiO_2 相关性	59
二、两岩带岩体中稀土元素 (REE) 的演化特征	59
三、两岩带岩体中铷-锶同位素 ($^{87}Rb/^{86}Sr$) 协变关系的对比	63
第六节 A型李生花岗岩带中熔体诱发-同熔和流体诱发-改造两个不同	
成因岩带的地球化学数值特征及成岩物质来源	64
一、老君山-蟒岭岩基带的地球化学数值特征及成岩物质来源	64
二、金堆城-南泥湖斑岩带的地球化学数值特征及成岩物质来源	64
第七节 A型李生花岗岩带中熔体诱发-同熔和流体诱发-改造两个不同	
成因岩带的成因讨论	68
第四章 大陆内部挤压-俯冲背景下两个系列花岗岩分带 (II): 其它地区的	
A型李生花岗岩带	70
第一节 赣东北地区燕山期A型李生花岗岩带	70
一、赣东北地区A型李生花岗岩带形成的地质背景	70
二、赣东北地区中生代陆内挤压-俯冲作用	72
三、赣东北地区A型李生花岗岩带的岩石成因特征	73
第二节 闽西-赣东南地区早燕山期A型李生花岗岩带	79
一、闽西-赣东南地区的大陆内部挤压俯冲作用	80
二、闽西-赣东南地区早燕山期A型李生花岗岩带	82
第三节 藏南地区喜山期和澜沧江地区海西-印支期A型李生花岗岩带	89
一、西藏南部喜山期A型李生花岗岩带	89
二、澜沧江地区 (昌宁-澜沧江段)海西期A型李生花岗岩带	93
第五章 B型俯冲背景下两个系列花岗岩分带 (I): A型李生花岗岩带	101
第一节 沿海A型李生花岗岩带的分布范围、地质背景及形成时代	101
一、沿海A型李生花岗岩带的分布范围及地质背景	101
二、沿海A型李生花岗岩带的形成时代	103

第二节 长乐-南澳流体诱发-改造系列花岗岩带的成因特征	105
一、长乐-南澳岩带的产状及岩石组合	105
二、长乐-南澳岩带的矿物学标志	107
三、长乐-南澳岩带的地球化学演化特征	109
四、长乐-南澳岩带的地球化学数值特征	110
第三节 赤路-钟腾火山-次火山-深成侵入杂岩带的成因特征	111
一、赤路-钟腾岩带的产状及岩石组合	112
二、赤路-钟腾岩带的矿物学标志	113
三、赤路-钟腾岩带的元素地球化学演化特征	114
四、赤路-钟腾岩带的地球化学数值特征	115
五、赤路-钟腾岩带的同源火山岩基本特征概述	116
第四节 沿海A型孪生花岗岩带与大陆内部挤压俯冲背景下典型A型孪 生花岗岩带的概略对比	117
第五节 南西日本白垩纪-古新世和中新世的A型孪生花岗岩带	118
一、白垩纪-古新世A型孪生花岗岩带	119
二、中新世A型孪生花岗岩带	120
第六章 B型俯冲背景下两个系列花岗岩分带(Ⅱ): AB型及B型孪生花岗 岩带	122
第一节 AB型孪生花岗岩带	122
一、AB型孪生花岗岩带的分带形式	122
二、藏南冈底斯白垩纪-古新世AB型孪生花岗岩带	123
三、东太平洋沿岸晚中生代-早新生代AB型孪生花岗岩带	126
第二节 B型孪生花岗岩带	129
一、B型孪生花岗岩带的分带形式	129
二、东秦岭加里东期B型孪生花岗岩带	129
第七章 陆内挤压-下行剪切断裂带变质岩-超变质岩的分布规律与成单分布 流体诱发-改造系列花岗岩带	135
第一节 陆内挤压-下行剪切断裂带是流体诱发-改造系列岩带形成的重 要构造环境	135
第二节 陆内挤压-下行剪切断裂带变质岩、混合岩、花岗岩的单向侧分 带规律	136
第三节 陆内挤压-下行剪切断裂带变质-超变质过程的前进矿物变化和 一般 $P-T-t$ 途径	140
一、陆内挤压-下行剪切断裂带变质-超变质过程的前进矿物变化	140
二、陆内挤压-下行剪切断裂带变质-超变质作用的一般 $P-T-t$ 轨迹	143
第四节 陆内挤压-下行剪切断裂带变质带中花岗岩的一般成因特征	145
第八章 孪生花岗岩带形成的构造-岩浆-热力学模式	147
第一节 熔体诱发-同熔和流体诱发-改造两个系列花岗岩形成的边界条 件及其差异	147
一、花岗岩成因机制	147

二、花岗岩形成的温度、压力及水含量	148
第二节 有关两个系列花岗岩成因的若干实验限制	151
一、有关流体诱发-改造系列花岗岩成因的实验	151
二、有关熔体诱发-同熔系列花岗岩成因的实验	155
第三节 俯冲运动引起的浅部岩石圈物质分异和相互作用规律	158
一、俯冲带附近的一般温度-深度模式	158
二、俯冲过程的物质分异规律	159
三、俯冲盘的分异产物与上覆岩石圈的相互作用方式	160
第四节 孪生花岗岩带形成的构造-岩浆-热力学模式	162
一、大陆内部挤压-俯冲背景的A型孪生花岗岩带	162
二、B型俯冲背景的A型及AB型孪生花岗岩带	163
三、B型俯冲背景的熔体诱发-同熔系列岩带成分分布及B型孪生花岗岩带	166
第五节 陆内挤压-下行剪切断裂带变质、超变质作用发生的热动力模 式	167
一、陆内挤压-下行剪切活动带的一般热结构	167
二、陆内挤压-下行剪切断裂活动引起的物质分异	168
三、陆内挤压-下行剪切断裂带变质、超变质-熔融作用发生的构造-热力学模式	168
主要结论	171
参考文献	174
附录 第二章分区数据资料来源索引	182
英文摘要	184

Contents

Chapter 1. Introduction to Petrogeneses of Granitoids and Their Relations to Plate Tectonics.....	1
1.1 Research on Granitoids; A Review.....	1
1.1.1 Brief Review on History of Studies on Granitoids.....	1
1.1.2 Petrogenetic Classifications of Granitoids, Definitions and Limitations.....	2
1.1.3 Granitoids of Various Rock-forming Mechanisms and Their Origin, Distribution and Relationship to Plate Tectonics.....	4
1.2 Granitoid Classification Based on Magmatic Generation Mechanisms and Twin Granite Belts.....	6
1.2.1 Granitoid Classification Based on Generation Mechanisms.....	6
1.2.2 Two Group of Petrogenetic Indicators for Granitoid Petrogeneses.....	7
1.2.3 Tectonic Environments of Granitoid Formation.....	7
1.2.4 Twin Granite Belts.....	9
1.2.5 Comparison Between Classifications of Granitoid Rock-forming Mechanisms and That of Source Rocks.....	11
Chapter 2. Criteria for Discrimination of Two Granitoid Series Different in Generation Mechanisms and Their Constraints.....	12
2.1 Petrological and Mineralogical Criteria for Distinguishing Fluid-induced Transformation Series and Magma-induced Syntexis Series Granitoids.....	12
2.1.1 Occurrence and Rock Association.....	12
2.1.2 Compositions and Structures of Feldspars.....	12
2.1.3 Compositions of Biotite in Relations to Whole Rock Chemistry.....	15
2.1.4 Genetic Explanation for Petrological and Mineralogical Differences Between Two Series of Granitoids.....	19
2.2 Differences in Geochemical Evolution Between Granitoids of Fluid-induced Transformation Series and Magma-induced Syntexis Series.....	21
2.2.1 Evolution of Main Petrochemical Parameters.....	21
2.2.2 Correlation of K_2O to SiO_2	21
2.2.3 Covariance Relations Among Rare Earth Elements and Among Isotope Elements	23
2.2.4 Constraints on Geochemical Evolution of Two Series.....	25
2.3 Possibility and Limitations of Applying Geochemical Indexes to Distinguishing Fluid-induced Transformation Series and	

the Magma-induced Syntexsis Series of Granites.....	28
2.3.1 Petrochemical Indexes, Al' Value and K ₂ O/Na ₂ O Ratio	28
2.3.2 REE Parameters and REE Distribution Patterns.....	30
2.3.3 Trace Element Compositions and Isotope Composition Indexes.....	37
2.4 Criteria for Discrimination of Fluid-induced Transformation Series and Magma-induced Syntexsis Series of Granites.....	42
Chapter 3. Zonation of Two Granitoid Series in Intracontinental Compression-Subduction Environments(I): Yanshanian A-type Twin Granite Belts in Eastern Qinling Mts. Area	44
3.1 Tectonic Setting.....	45
3.1.1 Tectonic Evolution of the Southern Margin of North China Craton.....	45
3.1.2 Mesozoic Intracontinental Compression-Subduction Movement in Nor- thern Part of Eastern Qinling Mts. Area.....	45
3.1.3 Tectonic Indicators for Mesozoic Intracontinental Compression-Subdu- ction in Northern Part of Eastern Qinling Mts. Area	46
3.1.4 Petrogenetic Indicators for Mesozoic Intracontinental Compression- Subduction in Northern Part of Eastern Qinling Mts. Area.....	49
3.1.5 Temporal and Spatial Relationships between Twin Granite Belts and Intracontinental Compression-Subduction in Northern Part of Eastern Qinling Mts. Area.....	49
3.2 Background of Crustal Source Rocks of Twin Granite Belts.....	50
3.3 Formation Ages and Geological Features of Fluid-induced Transformation Series and Magma-induced Syntexsis Series Belts in Twin Granite Belts.....	52
3.3.1 Formation Ages of Two Granite Belts of Different Series.....	52
3.3.2 Occurrences and Rock Associations of Two Granite Belts of Different Series.....	52
3.3.3 Analysis of Typical Intrusions in Both Granite Belts on Their Rock Associations	53
3.4 Mineralogical Comparison between Fluid-induced Transfor- mation Series and Magma-induced Syntexsis Series Belts in Twin Granite Belts.....	54
3.4.1 Comparison in Rock-forming Minerals between Two Typical Intru- sions	54
3.4.2 Difference in Ab Distributions between Coexisting Plagioclase and K-feldspar.....	56
3.4.3 Difference in Crystal Structures of K-feldspar.....	57
3.4.4 Difference in Compositions of Biotite.....	57
3.5 Comparison in Geochemical Evolution between Fluid-induced Transformation Series and Magma-induced Syntexsis Series	

Belts in Twin Granite Belts.....	59
3.5.1 Comparison in Evolutionary Trends of Al' and K_2O/Na_2O and the Correlations of K_2O to SiO_2 in Granitic Composite Intrusions.....	59
3.5.2 Comparison in REE Evolution of Composite Intrusions.....	59
3.5.3 Comparison in the Covariance of ^{87}Rb to ^{86}Sr of Composite Intrusions.....	63
3.6 Geochemical Parameters and Sources of Rock-forming Mate- rials of Fluid-induced Transformation Series and Magma- induced Syntexis Series Belts in Twin Granite Belts.....	64
3.6.1 Geochemical Indexes of Laojunshan-Mangling Batholith Belt And Its Sources of Rock-Forming Materials.....	64
3.6.2 Geochemical Indexes of Jinduicheng-Namihu Batholith Belt and Its Sources of Rock-forming Materials.....	64
3.7 Petrogeneses of Fluid-induced Transformation Series and Ma- gma-induced Syntexis Series Belts in Twin Granite Belts.....	68
Chapter 4. Zonation of Two Granitoid Series in Intracontinental Compression-Subduction Environments (II): A-type Twin Granite Belts in Other Areas.....	70
4.1 Yanshanian A-type Twin Granite Belts in Northeast Jiangxi Province	70
4.1.1 Geological Setting	70
4.1.2 Mesozoic Intracontinental Compression-Subduction.....	72
4.1.3 Petrogenetic Characteristics of A-type Twin Granite Belts.....	73
4.2 Early Yanshanian A-type Twin Granite Belts in West Fujian- East Jiangxi Area.....	79
4.2.1 Early Yanshanian Intracontinental Compression-Subduction.....	80
4.2.2 Early Yanshanian A-type Twin Granite Belts.....	82
4.3 Himalayan A-type Twin Granite Belt in South Tibet And Hercynian-Indosinian A-type Twin Granite Belts in Lanca- ngjiang Area of Yunnan Province.....	89
4.3.1 Himalayan A-type Twin Granite Belt in South Tibet.....	89
4.3.2 Hercynian-Indosinian A-type Twin Granite Belts in Lancangjiang Area.....	93
Chapter 5. Zonation of Two Granitoid Series in B-type Subduction Environments(I):A-type Twin Granite Belts in Coa- stal Area of Southeast China.....	101
5.1 Distribution, Geological Setting And Formation Age of A- type Twin Granite Belts in the Coastal Area.....	101
5.1.1 Distribution and Geological Setting of A-type Twin Granite Belts in Coastal Area.....	101
5.1.2 Formation Age of A-type Twin Granite Belts in Coastal Area.....	103
5.2 Petrogenetic Characteristics of Changle-Nanao Fluid-induced	

Transformation Series Granite Belt.....	105
5.2.1 Occurrence and Rock Association of Changle-Nanao Granite Belt.....	105
5.2.2 Mineralogy of Changle-Nanao Granite Belt.....	107
5.2.3 Geochemical Evolution of Changle-Nanao Granite Belt.....	109
5.2.4 Geochemical Numerical Characteristics of Changle-Nanao Granite Belt.....	110
5.3 Petrogenetic Characteristics of Chilü-Chongteng Magma-induced Syntexis Series Volcanic-Subvolcanic-Hypogene Granitic Composite Intrusion Belt.....	111
5.3.1 Occurrence and Rock Association of Chilü-Chongteng Composite Intrusion Belt.....	112
5.3.2 Mineralogy of Chilü-Chongteng Composite Intrusion Belt.....	113
5.3.3 Geochemical Evolution of Chilü-Chongteng Composite Intrusion Belt.....	114
5.3.4 Geochemical Numerical Characteristics of Chilü-Chongteng Composite Intrusion Belt	115
5.3.5 General Features of Homogeneous Volcanic Rocks of Chilü-Chongteng Composite Intrusion Belt.....	116
5.4 Brief Comparison of A-type Twin Granite Belts in Coastal Area with Those in Intracontinental Compression-Subduction Environments	117
5.5 Crataceous-Paleocene and Miocene A-type Twin Granite Belts in Southwest Japan.....	118
5.5.1 Crataceous-Paleocene A-type Twin Granite Belts in Southwest Japan.....	119
5.5.2 Miocene A-type Twin Granite Belts in Southwest Japan.....	120
Chapter 6. Zonation of Two Granitoid Series in B-type Subdu- ction Environments (II): AB-type and the B-type Twin Granite Belts.....	122
6.1 AB-type Twin Granite Belts.....	122
6.1.1 Zonation of AB-type Twin Granite Belts.....	122
6.1.2 Crataceous-Paleocene AB-type Twin Granite Belts of the Gangdise in South Tibet	123
6.1.3 Late Mesozoic-Early Cenozoic AB-type Twin Granite Belts in the East Pacific Coastal Area.....	126
6.2 B-type Twin Granite Belts.....	129
6.2.1 Zonation of B-type Twin Granite Belts.....	129
6.2.2 Caledonian B-type Twin Granite Belts in the East Qinling Mts. Area of Henan Province.....	129
Chapter 7. Zonation of Metamorphic and Ultrametamorphic Belts and Single Fluid-induced Transformation Series Gra- nite Belt in the Intracontinental Compression Dip-slip Fault Environments.....	135
7.1 Intracontinental Compression Dip-slip Fault Belt—An Imp-	

ortant Environment For the Formation of Fluid-induced Transformation Series Granite Belt.....	135
7.2 Lateral Zonation of Metamorphic Rocks, Migmatites and Granite Belts in the Intracontinental Compression Dip-slip Fault Environments.....	136
7.3 Progressive Evolution of Minerals and General P-T Path during Metamorphism and Ultrametamorphism Resulted from the Intracontinental Compression Dip-slip Faulting.....	140
7.3.1 Progressive Evolution of Minerals during Metamorphism and Ultrametamorphism	140
7.3.2 General P-T Path during Metamorphism and Ultrametamorphism.....	143
7.4 Petrogenetic Features of Granite Belt Affiliated with Intracontinental Compression Dip-slip Faulting.....	145
Chapter 8. Tectonomagmatic-Thermodynamic Model For The Formation of Twin Granite Belts.....	147
8.1 Constraints on Petrogeneses of Granitoids of Fluid-induced Transformation Series and Magma-induced Syntaxis Series and differences between two Series.....	147
8.1.1 Mechanisms of Granitoid Generation.....	147
8.1.2 Temperature, Pressure and Water-content.....	148
8.2 Experimental Limitations on Petrogeneses of Fluid-induced Transformation Series and Magma-induced Syntaxis Series of Granitoids	151
8.2.1 Experiments Related to the Formation of Fluid-induced Transformation Series Granitoids.....	151
8.2.2 Experiments Related to the Formation of Magma-induced Syntaxis Series Granitoids.....	155
8.3 Material Differentiations and Their Interactions in Shallow Layers of the Earth Resulted from Compression-Subduction of Plate Tectonics.....	158
8.3.1 General Temperature-Depth (Pressure) Models in Various Subduction Environments.....	158
8.3.2 Regularities of Material Differentiations in Processes of Subduction.....	159
8.3.3 Interaction between Materials Derived from Differentiated Subducting Slab and Rocks of Overlying Obducting Slab.....	160
8.4 Tectonomagmatic-Thermodynamic Model for the Formation of Twin Granite Belts.....	162
8.4.1 Model for A-type Twin Granite Belts Developed in Intracontinental Compression-Subduction Environment.....	162
8.4.2 Model for A-type and AB-type Twin Granite Belts Developed in B-	

type Subduction Environment.....	163
8.4.3 Model for Single Granite Belt of Magma-induced Syntaxis Series and B-type Twin Granite Belts Developed in B-type Subduction Enviro- nment	166
8.5 Tectonomagmatic-Thermodynamic Model for Generation of Metamorphism and Ultrametamorphism in Intracontinental Compression Dip-slip Fault Environment.....	167
8.5.1 General Thermal Structure of Intracontinental Compression Dip-slip Faulting Belt.....	167
8.5.2 Material Differentiations Caused by Intracontinental Compression Dip- slip Faulting.....	168
8.5.3 Tectonomagmatic-Thermodynamic Model for Metamorphism, Ultrame- tamorphism and Partial Melting in Intracontinental Compression Dip- slip Fault Environment	168
Conclusions	171
References	174
Appendix An Index to Datas Sources of the Different regions in Chapter 2.....	182
English Abstract	184

第一章 花岗岩成因与板块运动 关系的研究现状

第一节 花岗岩研究评述

一、花岗岩成因研究的历史回顾

描述性的岩类学和思辨性的成因假说作为花岗岩研究的基本内容一直延续到本世纪50年代。在此期间,花岗岩成因的岩浆说(如Kjerulf, 1855; Rosenbusch, 1873; Niggli, 1923; Bowen, 1947, 1954)和变成说(如Keilhau, 1838; Sederholm, 1905; Backlund, 1938; Wegmann和Kranck, 1931; Escola, 1932; Read, 1948)一直进行着激烈的争论。随着争论的深入和发展,1948年Read率先认识到“花岗岩显然有多种起源”。

本世纪50—60年代,日益增多的花岗岩实验研究成果(Bowen和Tuttle, 1950, 1958; Winkler, 1958; Windley和Plateau 1960; Plateau, 1965)成功地再现了含少量间隙溶液的地壳岩石通过部分熔融形成花岗岩的过程。这使得由地壳岩石深融或部分熔融形成花岗岩的“深熔模式”得到了广泛的认可。1963年,Orville发表了碱性长石与碱的氯化物溶液在高压下碱离子交换反应的实验,其结果和碱性长石与水饱和熔体间的平衡有着惊人的相似,这便为花岗岩化过程提供了依据。随着实验研究的进展,越来越多的资料使人们逐渐承认这样的事实:高级变质往往伴随交代、熔融和混合岩的形成,而混合岩化作用则常常以花岗岩体的形成而达到高潮。这就使得许多岩石学家,至少部分地接受了区域变质高峰中由地壳岩石部分熔融产生岩浆的模式。在我国,徐克勤等(1960, 1962, 1963)在50年代末期发现了华南不同时代花岗岩的存在,并在广泛研究的基础上指出(南京大学地质学系, 1965^①):花岗岩的形成有花岗岩化(狭义)、重熔—再生岩浆和介于上述两者之间的过渡类型——流化作用等多种方式,并把从交代改造到重熔再生作为一个完整的过程与地质构造旋回的发展演化联系起来。与此同时,郭承基等(1963)、王联魁等(1964)、李璞等(1963, 1964)也对华南花岗岩研究作出了一系列有成效的工作。

随着现代各种分析、测试手段和方法的飞速发展,对花岗岩类的岩石化学、地球化学研究也相应地得到了广泛地开展。到60年代后期,板块构造理论的建立,不仅给人们提供了新的构造环境概念,而且还提供了地球内部物质上下交换、运移和洋壳-陆壳相互作用的动力学机制和压力、温度分布特点,从而使人们能以新的思路来研究花岗岩类的形成与构造运动的关系,将花岗岩成因与构造运动机制从地球浅部物质分异的原理、动力和产物上紧密地联系起来。这些进展直接导致了60年代末—70年代初用构造-地球化学分异原理研究花岗岩的方法逐步取代了过去侧重描述花岗岩多样性的方法。进入70年代以后,花岗

① 南京大学地质学系, 1965, 华南不同时代花岗岩及其与成矿关系科学技术研究报告, 中华人民共和国 国家科学技术委员会印刷。

岩形成的物质来源或源岩性质、构造环境或背景、成因机制与构造运动的关系构成了现代花岗岩研究的三个基本问题。

二、花岗岩成因分类评述：意义及其局限性

有关两种不同源岩衍生而成的花岗岩类的认识是70—80年代花岗岩研究的一项突破性进展。1974年, Chappel 和 White 以澳洲塔斯曼造山带花岗岩研究为基础, 根据沉积过程的化学分异原理, 率先区分了两种具不同性质源岩 (S 和 I) 的花岗岩类, 并用60年代流行的超变质作用引起部分熔融的深熔模式阐述了它们的形成及化学组成的变异 (Chappel & White, 1974, 1977)。这一理论是应用地球化学分异原理研究花岗岩的开端, 它正确地反映了花岗岩家族本身属性的一个重要方面, 在涉及与花岗岩物质来源或源岩性质直接相关的一系列地球科学的重要命题中, 得到了成功地运用, 对花岗岩研究起了巨大的推动作用。但是, 这一分类体系也有其明显的局限性, 一方面, 花岗岩类的地球化学数值特征从根本上讲是受控于花岗岩产出的源岩背景, 而不同构造背景下的同种源岩其组成特点也可有较大的变化, 这就直接影响利用这一分类体系的地球化学标志对具体花岗岩成因类型判别的可靠性。就 S 型花岗岩而言, 不同时代、不同构造背景下形成的沉积岩, 其沉积分异程度可有很大不同, 例如: 古太古代相对于新太古代, 其沉积岩的 K_2O-Na_2O 、 $CaO-FeO$ 、 MgO 分离均不显著 (Ронов, 1970; Винограмов 和 Ронов, 1956), 没有 Eu 亏损 (Nance 和 Taylor 1976, 1977), 因此, 在古太古代地层背景上形成的 S 型花岗岩 与新太古代地层背景上形成的 S 型花岗岩可有很大差别, 前者常常具有“ I 型”花岗岩的特征 (周顺之等, 1989)。另一方面, 花岗岩类具有两种性质不同的源岩是这一分类体系的根本依据, 据此划分出的两个系列花岗岩与特定的成岩机制或构造背景没有固定的对应关系; 换句话说, 同一成岩机制可以在某些情况下形成“ S 型”, 在另外一些情况下则可能形成“ I 型”, 而不同成岩机制又可以形成地球化学数值特征相同或相似的花岗岩。仅就“ I 型”而论, 它不仅可由各种来源的火山岩构成的陆壳重熔获得, 而且同样可由地幔派生、俯冲洋壳分熔、或因壳下增生而产生的复合重熔所形成 (Pitcher, 1979); 同时, 深源中基性岩浆同化-混染硅铝壳或与地壳重熔、分熔岩浆的混合也是其形成的一个重要机制。由于这种不对应关系的存在, 大大限制了这一分类在花岗岩形成、分布规律及它们与构造运动关系研究中的运用, 因为这种运用常常不仅不利于认清岩石成因与构造运动的关系, 相反, 往往会掩盖一些能够反映这两者之间必然联系的客观规律。

以日本中生代花岗岩研究为基础, 根据花岗岩中不透明矿物含量及磁铁矿与钛铁矿含量, Ishihara (1977) 提出了磁铁矿系列和钛铁矿系列花岗岩的概念。他认为: 控制这两个系列花岗岩差异的主要因素是氧逸度 (f_{O_2}), 磁铁矿系列可能产生于深部(下地壳和/或上地幔)无碳质的氧化环境, 而钛铁矿系列则产于地壳浅部富含碳质围岩的还原环境。尽管在花岗岩定位过程中, 其 f_{O_2} 可有所改变, 但仍可保留源区 f_{O_2} 的特征, 从而表现在花岗岩的副矿物组合上及 $Fe^{3+}/(Fe^{2+} + Fe^{3+})$ 比值上, 磁铁矿系列与钛铁矿系列具有明显差别。认识到有两类形成于不同物理化学条件下的花岗岩类存在十分重要, 石原舜三显然是较早注意到这一点的研究者之一。但是, 在后来的研究中, 他似乎并没有意识到从更广的角度探索两种不同物理化学条件下形成的花岗岩类的重要意义, 而是简单地将这种 f_{O_2} 的差别归因于源岩的不同, 甚至在某些情况下认为磁铁矿系列相当于 I 型, 钛铁矿系列相当于 S 型, 这就使得这一分类体系与 S-I 型分类相比, 并没有给我们提供更新的内容。应当