

祁连、秦岭山系

海相火山岩

夏林折 夏祖春 等著

中国地质大学出版社

祁连、秦岭山系
海相火山岩

夏林圻 夏祖春
任有祥 彭礼贵 张 诚 杨静华
王兴安 李智佩 韩 松 黄忠祥
著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书是国内外第一部有关大陆造山带古海相火山岩的系统区域性岩石学专著。作者以区域岩石学研究为主线,通过比较深入全面地剖析祁连、秦岭山系早古生代及部分前寒武纪海相火山岩岩石组合、层序特征、时空分布规律和矿物、岩石地球化学特点,初步阐明了该区海相火山活动的规律,着重分析了海相火山岩产出的大地构造背景,提出了海相火山岩分类方案,并详尽论述其成因、演化及区域含矿性。全书资料新颖、方法先进、结构严谨、论证充实、研究成果有深度、有特色、有创新。

本书可供岩石、区域地质、矿床和地球化学等专业的生产、科研人员及有关院校师生参考。

祁连、秦岭山系海相火山岩

夏林圻 夏祖春 等著

出 版 中国地质大学出版社(武汉市·喻家山·邮政编码 430074)
责任编辑 吴冠华 刘士东 **责任校对** 熊华珍
印 刷 西安地质矿产研究所印刷厂
发 行 湖北省新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 20.25 插页 1 字数 505 千字
1991年8月第1版 1991年8月第1次印刷 印数 1—800 册

ISBN 7-5625-0517-9/P·171

8.00元(平装)
定价: 13.00元(精装)

序

海相火山岩是泛指海底喷发的火山岩石系列，它们既发育于现代大洋区也发育于大陆上各个时代的褶皱造山带中。国际火山岩研究近20年来虽已取得很大进展，但主要涉及的是现代大洋及岛弧区，以及大陆边缘活动带和大陆内部活化断陷盆地和裂谷系中生代及中生代以后的火山岩。对于前中生代大陆造山带的海相火山岩系，大范围的专门性区域岩石学-含矿性研究开展甚少。

中国的海相火山岩系，特别是加里东、华力西和印支期的海相火山岩，主要分布于中国西部，研究较早的是祁连、秦岭山系的火山岩。但由于以往研究得不够详细和系统，岩石命名分类也不一致，因此很难进行区域对比。本书作者运用国际上较先进的学术观点和研究方法，结合研究区的实际，对祁连、秦岭山系的元古代和早古生代海相火山岩做了全面深入的研究工作，尤其在古海相火山岩的系列组合划分、古构造背景的恢复、不同构造运动阶段的岩浆演化及细碧岩的形成机制等方面均取得了重要进展，完善了我国显生宙海相火山岩岩浆演化的理论。更为可喜的是注意了区域成岩和成矿的密切结合。

本书是我国首次有关海相火山岩的区域性研究的总结，书中提出的关于细碧角斑岩“火山岩浆-海底热卤水混染”成因的模式以及块状硫化物矿床属海底热泉成因的新见解，是一个很有科学意义的重要贡献。

本书的出版，将进一步推动我国海相火山岩及有关块状硫化物矿床的理论研究和找矿事业的发展。

宗叔和

1991.1

前 言

中国西北地区的秦岭、祁连山、天山、昆仑山、阿尔泰山、准噶尔界山等褶皱造山带中，古生代和前寒武纪海相火山岩系十分发育，类型繁多，展布宽广，是重要的成矿带及找矿远景区，目前已发现多处具工业意义的块状硫化物铜-多金属矿床、金矿床及火山沉积铁锰矿床；同时，该区又是开展大陆造山带岩石圈构造-岩浆演化和地质矿产研究必须涉及的重要地质客体和理想地域。作者们自1986年以来，承担地质矿产部“七·五”指令性项目“西北地区海相火山岩及块状硫化物矿床成矿规律研究”（项目编号：86056）中的“西北地区海相火山岩研究”课题，历时4年，研究工作所涉及的范围主要为秦岭、祁连山系的早古生代（部分前寒武纪）浅变质海相火山岩系。研究内容包括海相火山岩分类命名、岩石组合特点、时代和层序、岩石地球化学特征及定量化分析、时空演化规律和区域构造环境分析、海相火山岩成因探讨及含矿性。研究工作的展开始终围绕区域构造-岩浆演化这一主线，力求做到区域海相火山岩研究与区域含矿性分析紧密结合。针对研究对象为古老火山岩系这一特点，在研究进程中，从样品的采集到数据的分析、处理，都力求做到最大限度地消除变质作用和各种后期改造作用对原岩成分的干扰，对此，岩浆包裹体实验地球化学、微量元素地球化学等研究方法和途径起到了较好的作用。本书即为“西北地区海相火山岩研究”项目的最终成果。

本书共分四篇十章，各章之间均有内在联系；但亦保持相对的独立性。各章的观点基本相同，但对个别问题，本着求同存异、提倡争鸣的精神，保留了不同的见解。

中国地质科学院西安地质矿产研究所夏林圻、夏祖春、任有祥、彭礼贵、张诚、杨静华、王兴安和李智佩等同志分别承担了本书各章的撰写。全书最后由夏林圻、夏祖春统纂定稿。中国科学院高能物理研究所韩松和黄忠祥同志承担了微量元素分析测试工作。

工作过程中，甘肃、青海、陕西等省地质矿产局及所属各地质队，冶金地质勘探公司及其地质队和有关矿山在各方面给予很大支持。

本书定稿过程中，承蒙学部委员宋叔和教授、王德滋教授、吴利仁研究员、李兆鼎研究员、周新民教授、安三元教授、陶奎元研究员及张建中副研究员等评委精心审阅全文、提出宝贵建议，并对项目成果给予高度评价。

中国地质大学出版社闻立峰、刘士东对书稿进行了终审，西安地质矿产研究所编辑部吴冠华、李纪良、李西林担任本书的特聘责任编辑，乔玉兰、刘爱民担任图、表的责任编辑，绘图组清绘了全部图件。

在此，作者向各位评审员，向上述单位及个人为本书出版在各方面给予的支持与帮助表示衷心地感谢。恳望广大读者惠予指教。

夏林圻 夏祖春

目 录

海相火山岩分类、层序及时空分布

第一章 海相火山岩的分类和命名..... 夏林圻 夏祖春	3
一、 细碧-角斑质火山岩	3
(一) 定义.....	3
(二) 命名.....	3
(三) 分类.....	4
二、 正常系列火山岩.....	5
第二章 海相火山岩时空展布特征..... 任有祥 彭礼贵 王兴安	8
一、 前寒武纪海相火山岩.....	8
(一) 中朝克拉通南缘.....	8
(二) 扬子克拉通北缘.....	12
二、 早古生代海相火山岩.....	15
(一) 祁连山系.....	15
(二) 秦岭山系.....	23
第三章 海相火山岩地层时代与层序..... 彭礼贵 任有祥 王兴安	28
一、 祁连山系海相火山岩地层时代与层序.....	28
(一) 北祁连山.....	28
(二) 南、中祁连山.....	37
二、 秦岭山系海相火山岩地层时代与层序.....	42
(一) 北秦岭.....	42
(二) 南秦岭.....	44
第四章 海相火山岩的同位素地质年龄..... 杨静华	46
一、 秦岭、祁连山系海相火山岩同位素年龄数据	46
二、 同位素地质年龄的讨论.....	46
(一) 北秦岭.....	46
(二) 南秦岭.....	52
(三) 祁连山.....	53
小 结.....	54

海相火山岩矿物、岩石及地球化学

第五章 祁连山早古生代海相火山岩岩石地球化学特征	夏林圻 夏祖春 张 诚	59
一、北祁连山早古生代海相火山岩		59
(一) 岩石共生组合		59
(二) 岩石类型		64
(三) 矿物学特征		67
(四) “源”岩浆系列的判别		80
(五) 微量元素地球化学		87
(六) 岩浆类型、地幔类型及部分熔融程度的分析		102
小 结		105
二、拉鸡山早古生代海相火山岩		106
(一) 岩石共生组合		107
(二) 岩石类型		108
(三) 矿物学特征		110
(四) 岩石化学特征		112
(五) 微量元素地球化学特征		113
(六) “源”岩浆系列		115
(七) 岩石地球化学特征对拉鸡山早古生代海相火山岩形成地质环境的指示		117
小 结		119
第六章 秦岭早古生代(部分前寒武纪)海相火山岩岩石地球化学特征	夏祖春 夏林圻	122
一、北秦岭元古代海相火山岩		122
(一) 熊耳群海相火山岩岩石地球化学特征及其形成环境		122
(二) 宽坪群火山岩概况		135
小 结		137
二、北秦岭早古生代海相火山岩		137
(一) 岩石学特征		138
(二) 微量元素地球化学		139
小 结		146
三、南秦岭元古代海相火山岩		146
(一) 碧口群海相火山岩岩石地球化学特征及其形成环境		146
(二) 扬子地台北缘元古代海相火山岩简述		156
(三) 南、北秦岭元古代海相火山岩对比		159

四、北大巴山早古生代海相火山岩	160
(一) 扭面岩类	160
(二) 碱超基性-基性-中性火山杂岩	164
(三) 岩石地球化学特征对北大巴山早古生代火山岩形成地质环境的指示	178
小 结	178
第七章 海相火山岩岩石化学量化研究 ·····张 诚 夏林圻	183
一、北祁连山海相火山岩岩石化学量化研究	183
(一) 变量的选取	183
(二) 数理统计分析结果	190
二、南祁连山海相火山岩岩石化学量化研究	198
(一) 变量的选取	198
(二) 数理统计分析结果	201
三、北秦岭海相火山岩岩石化学量化研究	206
(一) 变量的选取	206
(二) 数理统计分析结果	206
四、南秦岭及北大巴山海相火山岩岩石化学量化研究	216
(一) 变量的选取	216
(二) 数理统计分析结果	220
小 结	227

海相火山岩产出构造环境及区域含矿性

第八章 海相火山岩成岩构造环境的分析与讨论 ····任有祥 夏林圻 夏祖春	233
一、北祁连山加里东期活动大陆边缘的沟-弧-盆体系	234
(一) 前加里东期地质背景	234
(二) 北、中、南三个构造-火山岩带所代表的板块构造部位	235
(三) 沟-弧-盆体系存在的地质学、岩石学及地球化学证据及其演化	237
(四) 存在问题	239
二、柴达木北缘和拉鸡山加里东期海相火山岩成岩拉张构造环境	240
(一) 锡铁山-绿梁山-赛什腾山晚奥陶世裂谷环境的种种迹象	240
(二) 拉鸡山中晚寒武世板内洋岛及奥陶纪岛弧成岩环境的证据	242
三、北秦岭加里东造山带地质构造背景的讨论	243
(一) 有利于说明活动大陆边缘沟-弧-盆体系的证据	244
(二) 有利于说明大陆裂谷海盆(槽)环境的证据	244
四、南秦岭东段扬子克拉通北缘早古生代陆缘裂谷带	245

(一) 南秦岭早古生代地质构造简述·····	245
(二) 北大巴山早古生代岩浆岩形成的构造环境·····	246
五、部分前寒武纪海相火山岩成岩构造环境·····	246
(一) 中元古代熊耳群形成的裂谷构造环境·····	246
(二) 碧口群火山岩的岛弧成生特征及其存在问题·····	248
第九章 海相火山岩含矿性远景分析 ·····任有祥 王兴安	252
一、海相火山岩含矿类型、概况及研究现状·····	252
(一) 主要含矿类型·····	252
(二) 块状硫化物铜-多金属矿床概况及研究现状·····	252
(三) 金(银)矿床概况和研究现状评述·····	254
二、块状硫化物铜-多金属矿床远景分析·····	256
(一) 块状硫化物铜-多金属矿床的分类·····	256
(二) 块状硫化物铜-多金属矿床的成因·····	257
(三) 块状硫化物铜-多金属矿床远景分析·····	259
三、金(银)矿床远景分析·····	260
(一) 金(银)矿源岩及其在本区的显示·····	260
(二) 重视与块状硫化物矿床相伴产出的金(银)矿床研究·····	262

细碧-角斑岩成因

第十章 论细碧-角斑质火山岩的成因 ·····夏林圻 夏祖春	267
一、细碧-角斑岩岩石学研究中的几个重要问题·····	267
(一) 钠质斜长石的性质·····	267
(二) 钾长石的性质·····	270
(三) 岩浆包裹体研究·····	271
(四) 氢、氧同位素研究·····	272
(五) 块状硫化物矿床与细碧-角斑岩的关系·····	277
二、细碧-角斑岩的成因·····	278
(一) 交代变质说·····	278
(二) 岩浆混染说·····	279
结论与讨论 ·····夏林圻 夏祖春	283
英文摘要 ·····张 诚 夏祖春译 马祖望校	290

CONTENTS

Classification, stratigraphic sequence and time-space distribution of marine volcanic rocks

Chapter 1	Classification and nomenclature of marine volcanic rocks	3
	.....<i>Xia Linqi</i> and <i>Xia Zuchun</i>	
	1. Spilite-keratophyric volcanic rocks	3
	2. Normal series volcanic rocks.....	5
Chapter 2	The characteristics of time-space distribution of marine volcanic rocks.....	
	.....<i>Ren Youxiang</i> , <i>Peng Ligui</i> and <i>Wang Xingan</i>	8
	1. Precambrian marine volcanic rocks.....	8
	2. Early Palaeozoic marine volcanic rocks.....	15
Chapter 3	Stratigraphic time, sequence of marine volcanic rocks	
	..... <i>Peng Ligui</i> , <i>Ren Youxiang</i> and <i>Wang Xingan</i>	28
	1. Stratigraphic time, sequence of marine volcanic rocks in Qilian Mts. ...	28
	2. Stratigraphic time, sequence of marine volcanic rocks in Qinling Mts.....	42
Chapter 4	Isotopic geological age of marine volcanic rocks	
	.....<i>Yang Jinghua</i>	46
	1. Isotopic age data of marine volcanic rocks in Qinling and Qilian Mts.	46
	2. Discussion.....	46

Mineralogy, petrology and geochemistry of marine volcanic rocks

Chapter 5	Litho-geochemical characteristics of Early Palaeozoic marine volcanic rocks in Qilian Mts.....	
	..... <i>Xia Linqi</i> , <i>Xia Zuchun</i> and <i>Zhang Cheng</i>	59
	1. Early Palaeozoic marine volcanic rocks in North Qilian Mts.	59
	2. Early Palaeozoic marine volcanic rocks in Laji Mts.....	106
Chapter 6	Litho-geochemical characteristics of Early Palaeozoic (partial Precambrian) marine volcanic rocks in Qinling Mts.....	
	.....<i>Xia Zuchun</i> and <i>Xia Linqi</i>	122
	1. Proterozoic marine volcanic rocks in North Qinling Mts.....	122
	2. Early Palaeozoic marine volcanic rocks in North Qinling Mts.....	137
	3. Proterozoic marine volcanic rocks in South Qinling Mts.....	146
	4. Early Palaeozoic marine volcanic rocks in North Daba Mts.	160

Chapter 7	Quantitative study of petrochemical compositions of marine volcanic rocks	
	.....<i>Zhang Cheng</i> and <i>Xia Linqi</i>	183
1.	North Qilian Mts.	183
2.	South Qilian Mts.	198
3.	North Qinling Mts.	206
4.	South Qinling Mts. and North Daba Mts.	216
	Summary	227

**Tectonic environments and regional ore-bearing property
of marine volcanic rocks**

Chapter 8	Analysis and discussion about tectonic environments of marine volcanic rocks.....	
	.....<i>Ren Youxiang</i> , <i>Xia Linqi</i> and <i>Xia Zuchun</i>	233
1.	Trench-arc-basin system of Caledonian active continental margin in North Qilian Mts.	234
2.	Tensional tectonic environments of Caledonian marine volcanic rocks in North margin of Qaidam and Laji Mts.	240
3.	Geological tectonic background of Caledonian orogenic belt of North Qinling Mts.	243
4.	Early Palaeozoic rift belt of continental margin in Northern margin of Yangtze craton in east section of South Qinling Mts.	245
5.	Tectonic environments of partial Precambrian marine volcanic rocks...	246
Chapter 9	Prospective analysis for ore-bearing characteristics of marine volcanic rocks... <i>Ren Youxiang</i> and <i>Wang Xingan</i>	252
1.	Ore-bearing types of marine volcanic rocks and its recent survey	252
2.	Prospective analysis for massive sulfide copper-polymetallic deposits...	256
3.	Prospective analysis for gold(silver) deposits	260

Genesis of spilite-keratophyre

Chapter 10	Genesis of spilite-keratophyric volcanic rocks	
	..... <i>Xia Linqi</i> and <i>Xia Zuchun</i>	267
1.	Several important problems in petrologic studies of spilite-keratophyre.....	267
2.	Genesis of spilite-keratophyre	278
CONCLUSION AND DISCUSSION <i>Xia Linqi</i> and <i>Xia Zuchun</i>		283
ABSTRACT IN ENGLISH		290

海相火山岩分类、层序及时空分布

CLASSIFICATION, STRATIGRA-
PHIC SEQUENCE AND TIME-SPACE
DISTRIBUTION OF MARINE VOLCANIC ROCKS

第一章 海相火山岩的分类和命名

祁连、秦岭山系早古生代（部分前寒武纪）海相火山岩以细碧-角斑质火山岩系为主，正常系列海相火山岩较少。现将本书所遵循的细碧-角斑质火山岩及少量正常系列火山熔岩的分类、命名原则叙述如下。

一、细碧-角斑质火山岩

（一）定义

细碧岩和角斑岩（包括石英角斑岩）始源于 Coquand (1857) 创立的“钠长斑岩” (albitophyre)，用于描述“主要由钠长石基质构成的岩石，以钠长石晶体为主，偶有方解石团块、石英和玉髓晶洞”。后来钠长斑岩之名扩展到所有的钠长石质熔岩，细碧岩为其基性端元，石英角斑岩为其酸性端元，角斑岩是介于其间的中酸性部分。目前，已趋向于用“细碧-角斑岩”来描述这套地壳造山活动带早期火山活动的产物。这套岩石由于具有独特的偏碱性及其成因归属悬而未决，迄今尚未列入任何已知的喷出岩分类。作者认为细碧-角斑质火山岩最简单的定义是：“一套含有钠质斜长石及低温矿物（绿泥石、绿帘石、方解石等）的火山岩石”。这种简化的定义优点在于只是描述性的，避开了成因含义；缺点则是各种成因的蚀变岩石或变质岩石都可以归入此类。是否应当冠以成因或结构标志，以避免各种成因的岩石都汇集于同一种名称之下，从而使岩石定名更为确切。遗憾的是，由于细碧-角斑岩系的成因尚处于争论之中，目前还难以如愿。

（二）命名

1 细碧岩 Brongniart 于1827年首先提出并应用于枕状熔岩。这是一种中色岩石，含大量钠长石或钠更长石及绿泥石；单斜辉石（多为富钙的普通辉石）含量变化大，常常全为其蚀变产物替代；一般未见橄榄石，或已蚀变成蛇纹石假像；钾长石不多见，如果出现则多存在于基质中，或呈细脉穿插，或交代钠长石；偶见少量基性火山玻璃残存。枕状熔岩流并不是识别细碧岩的标志，因为：一则枕状熔岩并非全为细碧岩，例如某些现代枕状熔岩就是正常的含钙质斜长石的拉斑玄武岩 (Moore, 1965; Vallance, 1965)；二则细碧岩常常仅呈简单的熔岩流产出，枕状构造只是发育于一定层位之中。细碧岩虽全碱含量与碱性玄武岩相似，但不含钙质斜长石、副长石和碱性铁镁矿物以及不含或少含碱性长石等特点与其相区别。细碧质熔岩（包括细碧岩及其斑状变种细碧玢岩）的次火山相为钠长辉绿岩和钠长粒玄武岩（钠长粒玄武岩也可做为厚大熔岩流的中心相产出），相应的侵入相为钠长辉长岩。

2 角斑岩 1874年 Von Gümbel 创立角斑岩之名，用于描述德国西部 Fichtelgebirge

的钠-钾质斑岩。Schermerhorn (1973)认为这是一种浅色中性钠质火山岩,斑晶主要由更长钠长石组成,含少量钾长石,基质为细粒-隐晶质,其 SiO_2 含量与安山岩、英安岩相当(55%—70%),不含碱性铁镁矿物和副长石(以此区别于碱质粗面岩)。相应的次火山相岩石有钠长闪长玢岩、钠长花岗闪长斑岩、钠长花岗闪长岩和钠长闪长岩。据报道(Schermerhorn,1973)角斑岩类比较少见,原因可能是角斑岩常未能识别出来,而被误认为流纹岩或英安岩。

3 石英角斑岩 1882年 Lossen 根据是否含有石英斑晶将石英角斑岩与角斑岩分开。石英角斑岩是一种淡色富钠的长英质酸性火山岩。人们常习惯地把它们当做是钠长石流纹岩或钠长石化流纹岩。斑晶一般由钠长石和石英组成,偶有钾长石(歪长石、微斜长石、正长石)。基质为细粒-隐晶质,主要由近于等量的钠长石和石英组成。

如何区分石英角斑岩和流纹岩?一般而言,石英角斑岩的基质结构多为微粒-隐晶状,而在流纹岩中多为玻璃;化学成分上,流纹岩以 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 为特征,而不少石英角斑岩则是 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。石英角斑岩中钾长石极少呈斑晶产出,即便是岩石中 K_2O 含量大于 Na_2O 含量的情况下也是如此,主要由石英和钠长石构成斑晶。流纹岩中则主要由石英和钾长石构成斑晶,斜长石次之,斜长石矿物中虽可有钠长石出现,但一般以更长石为主,有时为中长石甚至拉长石。流纹岩中还可出现黑云母、角闪石、铁橄榄石斑晶,这也不同于石英角斑岩。此外,石英角斑岩又以不含碱性铁镁矿物区别于化学成分与之相似的钠质流纹岩。

石英角斑岩的次火山相为石英钠长斑岩。可以归入于石英角斑岩类的侵入相岩石有钠长花岗岩和钠长微花岗岩,这两种岩石文献中很少提及。Joplin (1964)指出,在澳大利亚的Tasmanie岛,它们常与石英角斑岩伴生。Soler(1980)曾报道,在西班牙的Huelva地区,钠长花岗岩和钠长微花岗岩是与石英角斑岩喷发同时形成的侵入体,来源于同一岩浆。作者在青海红沟地区也发现有类似的共生组合产出。

(三) 分类

虽然细碧-角斑质火山岩系的成因归属未定,它们是否可以当做是一个独立的偏碱性火山岩石系列(宋叔和,1973)①,或是只能看做变质的火山岩石系列〔变玄武岩、变安山岩(或变粗面岩)和变流纹岩(或变英安岩)〕(李兆鼎等,1984),尚无统一意见。但是,鉴于这套岩石分布甚广,且常产于一定的地质构造环境中,因此,在实际工作中还是有必要对这个岩石组合中的不同岩石类型加以区分。作者主要参考Soler(1980)和王德滋、周新民(1982)的分类意见,对细碧-角斑岩系编制出一个与习惯火山岩分类相平行的分类简表(表1-1)。该分类表中未将矿物成分的定量数据做为分类的依据,因为不管是改造论者或是原生论者,都认为这套岩石在形成之后经历了后期各种变质作用的叠加,广泛发生了组分的带出或带入,除了钠长石(和钠-更长石)可做为这套岩石的特征矿物之外,矿物的精细含量对于各个岩类界限的划分意义不大。至于细碧角斑岩的结构并没有“超出已有的火山岩结构”(夏祖春,1983)②诸如:细碧岩类具有斑状、聚斑结构,基质以填间、脱玻间隐结构为主,其他还有交织、球颗、间粒、辉绿、含长和嵌晶含长等结构;角斑岩类具斑状、聚斑状结构,

① 宋叔和,1973,关于火山岩的岩浆源和分类。

② 夏祖春,1983,关于细碧岩、石英角斑岩的一些问题。

基质具交织、粗面、填间、正斑、微晶及霏细结构；石英角斑岩有斑状及聚斑结构，基质呈霏细、球粒、微晶、显微嵌晶、粗面、微花岗状和玻璃等结构。不少结构，在不同岩类中均可重复见到，它们对于岩类界限的划分不具绝对性指示意义，所以表1-1中未列出岩石结构。至于细碧岩和角斑岩之间的过渡岩类，历来称呼不一，有人称之为角斑细碧岩(Narebski, 1974)或斑碧岩(施林道, 1982)以及细角岩等(黄月华, 1975)①，更多的人则用细碧玢岩之名。考虑到细碧玢岩应相当于细碧岩的斑状变种(夏林圻, 1976, 1979, 1987; 夏祖春, 1979)，细角岩一词又易与热变质的角岩之名相混，角斑细碧岩或斑碧岩在地质文献中又极为罕见，所以表1-1中在细碧岩与角斑岩之间不再分出过渡型亚类。

表 1-1 细碧-角斑质火山岩分类简表(据夏林圻、夏祖春, 1987)

Table 1-1 Classification scheme of spilite-keratophyre volcanic rocks

SiO ₂ (w _B %)	相	类	族	Na ₂ O+K ₂ O (w _B %)	特征矿物
>70	火山 次火山 浅成侵入	酸性	石英角斑岩 石英钠长斑岩、钠长花岗斑岩 钠长花岗岩、钠长微花岗岩	5—13	钠长石、石英出现于 斑晶和基质中
55—70	火山 次火山 浅成侵入	中性	角斑岩 钠长花岗闪长斑岩、钠长闪长玢岩 钠长花岗闪长岩、钠长闪长岩	5—13	钠长石(钠更长石)、 石英仅出现于基质中
45—55	火山 次火山 浅成侵入	基性	细碧岩、细碧玢岩、钠长粒玄岩 钠长粒玄岩、钠长辉绿岩 钠长辉长岩	4—10	钠长石(钠更长石)、 绿泥石

应当说明的是，表1-1中对于各个岩类没有再细分富钠和富钾亚类。一般地质文献中常见的做法是：对于细碧岩类，当 $K_2O > 2\%$ 时，称为钾细碧岩类； $K_2O < 2\%$ 时，称为钠细碧岩类。对于角斑岩和石英角斑岩类， $K_2O > Na_2O$ 时，称为钾角斑岩和钾石英角斑岩类； $K_2O < Na_2O$ 时，称为钠角斑岩和钠石英角斑岩类。鉴于偏富钠质是细碧角斑岩的一个特点，因此本书中按上述原则分出钾细碧岩、钾角斑岩及钾石英角斑岩，对 $K_2O < 2\%$ 的细碧岩及 $K_2O < Na_2O$ 的角斑岩及石英角斑岩仍分别称为细碧岩、角斑岩及石英角斑岩。

二、正常系列火山岩

研究区，内正常系列海相火山岩分布零散，仅见于北祁连山石灰沟地区、南祁连山拉鸡山地区及南秦岭安康地区，涉及岩石多属碱性火山岩类。火山岩的命名采用化学成分和矿物成分相结合的方法。化学成分分类系依据Le Bas等(1986)的全碱-硅(TAS)图(图1-1)，矿物成分分类标准主要参照王德滋、周新民(1982)的《火山岩岩石学》一书有关章节进行。研究中涉及的正常系列火山岩类主要有：橄榄粗安岩(mugearite)、夏威夷岩(hawaiite)、橄榄玄粗岩(shoshonite)、碱玄岩、粗面玄武岩、白榴方沸岩、粗面岩(及粗面

① 西北大学地质系“小秦岭熊耳群火山岩”科研小组，1975，坝洛地区细碧角斑岩系的岩石学特征。

斑岩)、玄武岩、安山岩、辉绿岩及金伯利岩等。

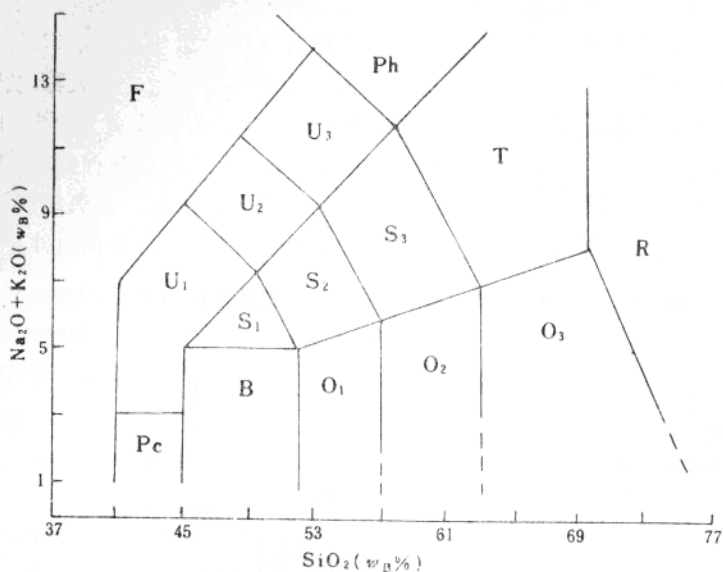


图 1-1 火山岩化学分类全碱-硅 (TAS) 图

(据 Le Bas 等, 1986)

Fig. 1-1 Total alkali-silica (TAS) diagram of chemical classification of volcanic rocks

(After Le Bas, et al., 1986)

Pc: 苦橄玄武岩; B: 玄武岩; O₁: 安山玄武岩; O₂: 安山岩; O₃: 英安岩; R: 碱性流纹岩 (P.I. > 1)、流纹岩 (P.I. < 1); S₁: 粗面玄武岩; 夏威夷岩 (Na)、钾质粗面玄武岩; S₂: 玄武质粗面安山岩; 橄辉粗安岩 (Na)、橄辉粗岩 (K); S₃: 粗面安山岩; 歪长粗面岩 (Na)、安粗岩 (K); T: 碱性粗面岩 (P.I. > 1)、粗面岩 (在 QAPF 中 Q < 20)、粗面英安岩 (在 QAPF 中 Q > 20); U₁: 碧玄岩 (Ol > 10%), 碱玄岩 (Ol < 10%); U₂: 响碱玄岩; U₃: 碱玄质响岩; Ph: 响岩; F: 似长岩; B: 玄武岩; 碱性玄武岩 (出现霞石标准分子)、亚碱性玄武岩 (出现紫苏辉石和石英标准分子); P.I. (过碱性指数) = (Na₂O + K₂O) / Al₂O₃; Ol: 橄榄石标准分子; K: 钾质, Na₂O - 2 < K₂O; Na: 钠质, Na₂O - 2 > K₂O

参 考 文 献

- [1] 李兆麟、王碧香等, 1984, 火山岩的分类命名和鉴定特征。中国地质科学院地质研究所所刊, 第 8 号, 97 页。
- [2] 施林道, 1982, 中国细碧-石英角斑岩的成因、演化和分类、命名探讨。地质与勘探, 第 2 期, 41—51 页。
- [3] 王德滋、周新民, 1982, 火山岩岩石学。科学出版社。
- [4] 夏林圻, 1976, 勉一路地区细碧角斑岩系成因及其母岩浆深部分异机制的初步探讨。地质学报, 第 1 期, 48—61 页。
- [5] 夏林圻、黄月华, 1979, 从钠质斜长石的结构状态论西北某些细碧-角斑岩系的成因。地球化学, 第 1 期, 13—27 页。
- [6] 夏林圻、夏祖春, 1987, 细碧角斑质火山岩若干问题。中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 第 19 号, 1—30 页。