

# 北大巴山碱质基性—超基性 潜火山杂岩岩石地球化学

夏林圻 夏祖春 张 诚 徐学义 著

地质行业科学技术发展基金资助项目



地 质 出 版 社

# 北大巴山國際基性—超基性 潛火山岩岩屑石地球化學

張國興 劉國興 謝 國 劉國興 謝 國

國立中央大學地質學系 地質研究所

● ● ● ● ●

# 北大巴山碱质基性—超基性潜 火山杂岩岩石地球化学

夏林圻 夏祖春 张 诚 徐学义 著

地质行业科学技术发展基金资助项目

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字085号

## 内 容 提 要

本书系在国内首次提出的一个有关煌斑杂岩体的系统研究成果。作者在分析北大巴山早志留世碱质基性—超基性潜火山杂岩产生的区域地质构造背景的基础上,全面论述了其矿物学、岩相学及主元素、微量元素和同位素地球化学特征,追溯了杂岩体岩浆分异演化过程,提出了杂岩体成岩模式。

本书可供岩石、构造、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。

## 图书在版编目(CIP)数据

北大巴山碱质基性—超基性潜火山杂岩岩石地球化学/夏林圻等著.—北京:地质出版社,1994.12

ISBN 7-116-01693-7

I.北… II.夏… III.次火山—硬沙—地球化学—西北地区(中国) IV.P·596.24

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第07500号

## 地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑:叶丹

\*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张:6 铜版图:2页 字数:137000

1994年12月北京第一版·1994年12月北京第一次印刷

印数:1—500册 定价:5.70元

ISBN 7-116-01693-7

P·1364

# 前 言

煌斑岩类是岩浆岩中的一个重要类型，特别是近期以来，由于在煌斑岩中发现金刚石及金矿等矿产，而提高了煌斑岩类的经济地位；同时，幔源捕虏体在煌斑岩中的发现，使煌斑岩类成为研究地幔作用及岩浆起源的窗口之一，从而又提高了煌斑岩类在岩石学研究中的地位。我国沿扬子地块边缘四川、贵州、湖南、湖北及陕西等省都相继发现了包括金伯利岩、钾镁煌斑岩及煌斑岩的杂岩体，有些地区已发现金刚石矿产。本书所论述的位于北大巴山产于早志留世的碱质基性—超基性潜火山杂岩就是这些杂岩体中的一个。

作者在分析杂岩体产生的区域构造背景基础上，全面论述了该杂岩体的岩相学、矿物学及主元素、微量元素和同位素地球化学，追溯了该杂岩体岩浆分异演化过程，提出了该杂岩体的成岩模式：本区碱质基性—超基性潜火山杂岩岩浆是由经过富集的亏损地幔源部分熔融产生的，交代富集作用发生于距今 600—700 Ma 之间，造成富集事件的动力是富含挥发分的硅酸盐熔体。岩浆形成后在深部岩浆房经过复杂的分异演化过程，形成了杂岩体中的各种岩石类型。

此项研究工作是由地质行业科学技术发展基金委员会资助，使研究工作得以顺利开展。研究过程中得到西北大学黄月华副教授的支持和帮助，受益匪浅。王德滋教授、黄蕴慧研究员、邱家骧教授、李兆鼎研究员及张建中副研究员审阅了全文，并提出宝贵的修改意见。西安地矿所绘图组清绘了图件。在此一并致以衷心的感谢！

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第一章 碱质基性—超基性潜火山作用的区域地质构造背景  | 1  |
| 第二章 岩相学                     | 4  |
| 一、基本特征                      | 4  |
| 二、岩石类型                      | 4  |
| 三、岩相学                       | 6  |
| 第三章 矿物学                     | 12 |
| 一、粗晶矿物类型                    | 12 |
| 二、金云母及黑云母                   | 13 |
| 三、单斜辉石                      | 22 |
| 四、角闪石                       | 37 |
| 五、氧化物                       | 41 |
| 六、碱性长石                      | 41 |
| 七、磷灰石                       | 43 |
| 八、其它矿物                      | 43 |
| 九、小结                        | 44 |
| 第四章 岩石化学特征                  | 45 |
| 一、岩石主元素成分特征                 | 45 |
| 二、岩石微量元素成分特征                | 52 |
| 第五章 岩浆作用                    | 62 |
| 一、杂岩体内各岩石类型的同源性与异源性         | 62 |
| 二、煌斑岩类初始岩浆性质                | 65 |
| 三、金伯利岩似金伯利岩—白榴金云透辉煌斑岩结晶分异系列 | 66 |
| 四、辉石玢岩亚类结晶分异系列              | 67 |
| 五、煌斑岩类的岩浆不混溶作用              | 67 |
| 第六章 同位素地球化学及岩石成因模式          | 69 |
| 一、同位素地球化学                   | 69 |
| 二、岩石成因模式的讨论                 | 72 |
| 第七章 结论                      | 76 |
| 英文摘要                        | 80 |
| 参考文献                        | 86 |
| 图版及其说明                      | 89 |



# Contents

|                            |                                                                                                 |           |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Chapter One</b>         | <b>Regional tectonic environment of alkali basic, ultrabasic subvolcanism</b>                   | <b>I</b>  |
| <b>Chapter Two</b>         | <b>Petrography</b>                                                                              | <b>4</b>  |
| 1.                         | Basic characteristics                                                                           | 4         |
| 2.                         | Rock types                                                                                      | 4         |
| 3.                         | Petrography                                                                                     | 6         |
| <b>Chapter Three</b>       | <b>Mineralogy</b>                                                                               | <b>12</b> |
| 1.                         | Types of macrocrystalline minerals                                                              | 12        |
| 2.                         | Phlogopite and biotite                                                                          | 13        |
| 3.                         | Clinopyroxene                                                                                   | 22        |
| 4.                         | Amphibole                                                                                       | 37        |
| 5.                         | Oxide                                                                                           | 41        |
| 6.                         | Alkali feldspar                                                                                 | 41        |
| 7.                         | Apatite                                                                                         | 43        |
| 8.                         | Other minerals                                                                                  | 43        |
| 9.                         | Summary                                                                                         | 44        |
| <b>Chapter Four</b>        | <b>Characteristics of chemical compositions of whole rocks</b>                                  | <b>45</b> |
| 1.                         | Characteristics of major elements compositions                                                  | 45        |
| 2.                         | Characteristics of trace elements compositions                                                  | 52        |
| <b>Chapter Five</b>        | <b>Magmatism</b>                                                                                | <b>62</b> |
| 1.                         | Cognate and exotic rock types in the complex                                                    | 62        |
| 2.                         | Compositions of primary magma of lamprophyre group                                              | 65        |
| 3.                         | Crystallization differentiation series of kimberlite-leucite<br>phlogopite diopside lamprophyre | 66        |
| 4.                         | Crystallization differentiation series of pyroxene porphyrite                                   | 67        |
| 5.                         | Immiscibility of magma of lamprophyry                                                           | 67        |
| <b>Chapter Six</b>         | <b>Isotope geochemistry and petrogenetic model</b>                                              | <b>69</b> |
| 1.                         | Isotope geochemistry                                                                            | 69        |
| 2.                         | Petrogenetic model                                                                              | 72        |
| <b>Chapter Seven</b>       | <b>Conclusion</b>                                                                               | <b>76</b> |
| <b>Abstract in English</b> |                                                                                                 | <b>80</b> |
| <b>References</b>          |                                                                                                 | <b>86</b> |
| <b>Plates and captions</b> |                                                                                                 | <b>89</b> |

# 第一章 碱质基性—超基性潜火山作用的区域地质构造背景

北大巴山碱质基性—超基性潜火山杂岩出露在陕西、湖北两省交界区的紫阳、岚皋、平利及竹溪等县境内，地质构造上属于扬子地块北部陆缘区，据张国伟等（1988）、黄月华（1989）<sup>①</sup>研究，本区为扬子地块北缘北大巴山古生代裂陷槽，位于巴山弧形断裂与石

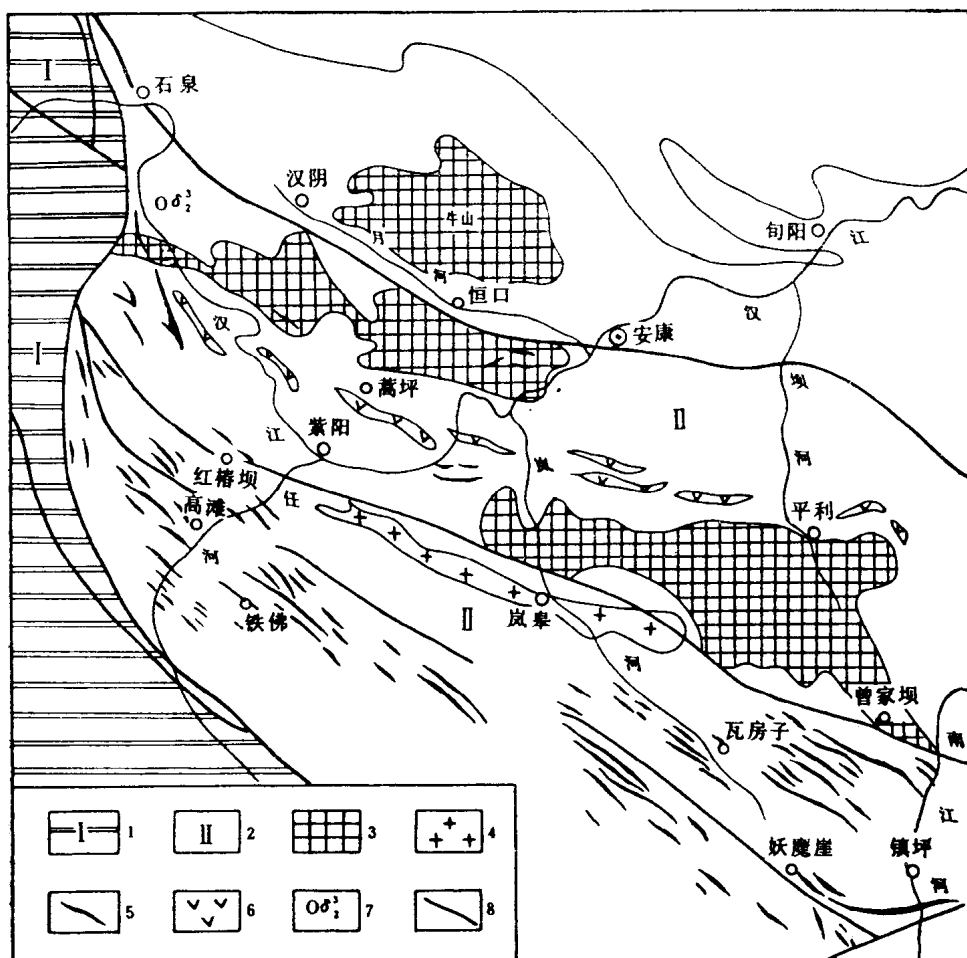


图 1 北大巴山构造分区及岩浆岩分布示意图

（据黄月华等，1992）

Fig.1 Sketch map of structure division and distribution of magmatic rocks in North Daba Mts.

（after Huang Yuehua et al., 1992）

1—扬子地块区；2—扬子地块北部陆缘区；3—前寒武纪隆起区；4—碱质基性—超基性潜火山杂岩；5—辉长—辉绿岩；6—粗面岩—正长斑岩；7—石英闪长岩；8—断裂

① 黄月华，1989，北大巴山古生代裂陷槽的形成与火成活动，秦岭造山带学术讨论会论文摘要。



泉-安康断裂之间(图1)。加里东期,本区发生拉张断裂,形成地垒和地堑的隆凹相间的陆缘构造,区内中一晚元古代郧西群、耀岭河群地层代表了前寒武纪地垒隆起区;在裂陷带内沉积了具断陷拉张沉积相特点的浊积岩,黑色燧石岩,碳、泥质板岩等,组成了区内早古生代地层。至海西、印支期碰撞造山,早古生代地层发生褶皱、断裂。

区内早古生代地层及构造线均呈北西-南东向展布,曾家坝-红椿坝大断裂横亘于本区中部(图1)。区内有三套岩浆岩属加里东期岩浆活动,即辉长-辉绿岩,粗面岩-正长斑岩及碱质基性-超基性潜火山杂岩,它们的分布与构造线一致,随地层褶曲而褶曲,表明本区岩浆活动发生在褶皱造山运动前,受加里东拉张断裂所控制。

辉长-辉绿岩及粗面岩-正长斑岩都是早志留世岩浆活动的产物,研究表明,它们是同时期的成分共轭的双模式火成岩套(黄月华等,1992),形成于志留纪早期的陆缘裂谷中。

碱质基性-超基性潜火山杂岩中最重要的岩体为岚皋岩体。此外,在平利县和竹溪县的猴岩寨、龙王垭等地还有一些小岩体出露,多已片理化且蚀变较强烈,这些岩体大体呈北西-南东向分布。

岚皋岩体主要出现在早志留世地层中,亦有侵入于奥陶系或寒武、奥陶未分的洞河群地层中。采用金云透辉煌斑岩中的磷灰石、透辉石、金云母及全岩测定Rb-Sr等时线年龄为 $413.10 \pm 3.03\text{Ma}$ ,相关系数为0.9995(地矿部西安地质矿产研究所邱德明、冀棉测定)。在早志留世地层中有同时期金云橄榄金伯利岩爆发角砾,其金云母的 $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ 年龄为431.9 Ma(黄月华等,1992)。因此,碱质基性-超基性岩浆活动应在早志留世晚期。

杂岩体的微量元素地球化学特征及辉石矿物化学特征明显地具有板内火山岩浆作用的特点。根据对板块会聚区和板块离散区(包括大陆裂谷和大洋区)火山岩系的研究(Treuil, 1985; Joron和Treuil, 1977),离散区火山岩浆的形成和演化是发生在拉张构造环境的低水压条件下,而会聚区是发生在挤压构造环境的高水压条件下,由此决定了火山岩浆中Th和Ta有不同的富集速率。发生于拉张构造环境下的板块离散区火山岩浆活动,其Th、Ta以同样的速率富集,因此Th/Ta值近于1,介于0.75—1.50之间,而板块会聚区火山岩系的Th/Ta值变化较大,多大于10。本区煌斑岩类绝大多数样品Th/Ta值在1.006—1.515之间,表明本区潜火山杂岩具离散板块区拉张构造环境下火山岩系的特点。Nb、Zr、Ti、Y等元素在橄榄石、辉石等的结晶分异作用下是强不相容元素(Cox等,1979),但在热液蚀变和变质作用过程中又是相对不活动元素(Smith等,1976; Hellman等,1977),因此它们对判别中生代以前的火山岩系性质及形成构造背景有重要意义。Pearce等(1979, 1982)所作的Ti/Y-Nb/Y及Zr/Y-Zr图能较好地区分板内、火山弧及洋中脊玄武岩,特别是板内玄武岩在这些图上有独立的区域,很少与其它类型玄武岩重叠,因此这两个图作为确定板内玄武岩系是很有用的。本区煌斑岩类成分特点在Ti/Y-Nb/Y及Zr/Y-Zr图中(图2、3)均投入板内玄武岩区,图2并表明为板内碱性玄武岩系列。黄月华等(1990)、夏林圻、夏祖春等(1991)曾运用本区煌斑岩中辉石斑晶成分以及Th/Yb-Ta/Yb等图解判别岩石的形成地质构造环境,所得结论亦与上述图解一致。辉石深源捕虏晶的成分指示煌斑岩浆形成深度为100—150km(见第三章),表明当时地壳拉张强烈,岩浆来源于很深的大陆裂陷带。

以上事实说明,本区早古生代为大陆边缘裂陷槽,早志留世强烈的拉张形成了很深的裂陷带、碱质基性-超基性潜火山杂岩即形成于此陆边板内裂陷带内。

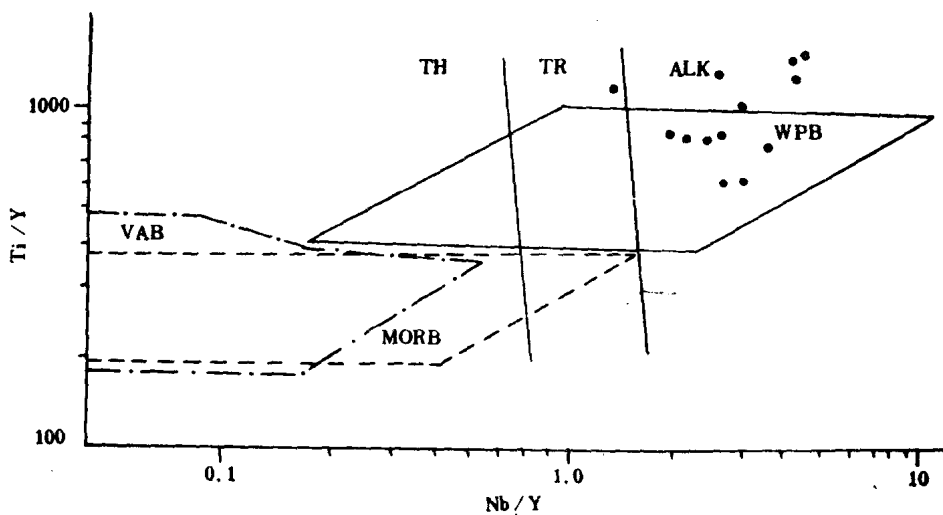


图 2 Ti/Y-Nb/Y图

(据Pearce, 1982)

Fig. 2 Ti/Y-Nb/Y diagram

(after Pearce, 1982)

MORB—洋中脊玄武岩; WPB—板内玄武岩; TH—拉斑玄武岩系列; TR—过渡系列; ALK—碱性岩浆系列;  
VAB—火山弧玄武岩

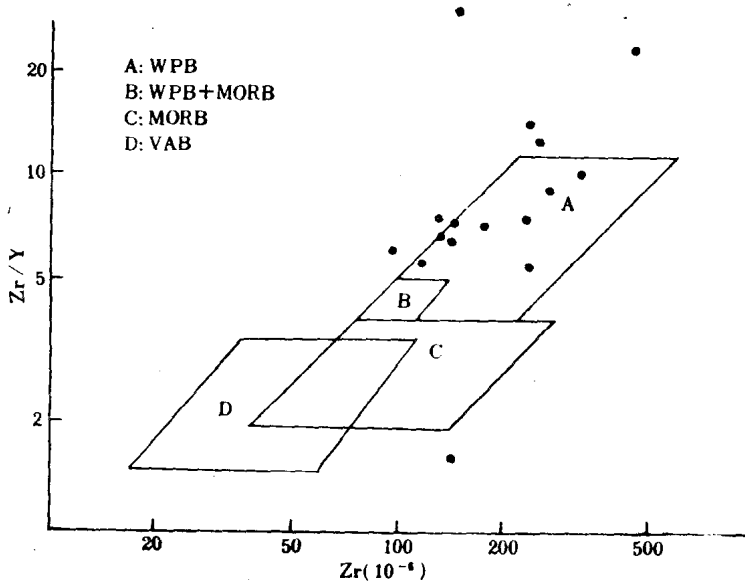


图 3 Zr/Y-Zr图

(据Pearce等, 1979)

Fig. 3 Zr/Y-Zr diagram

(after Pearce et al., 1979)

(图中文字符号说明同图 2)

## 第二章 岩 相 学

### 一、基本特征

前已述及岚皋岩体为潜火山杂岩的最重要的岩体，该岩体长约60 km，沿红椿坝-曾家坝断裂呈北西-南东向分布（图1，4），东端最宽处约6 km，向西逐渐变窄，西端呈枝叉状穿入地层，岩体平均宽约2 km。岩体具明显的侵入特征，主要为顺层侵入，也有斜切地层侵入现象，同时，岩石的角砾构造十分发育，大部分露头上均可见角砾状岩石。角砾的成分大多为寄主岩的岩石与矿物，同时亦有围岩沉积岩以及杂岩体内其它类型的岩石。这些现象说明在岩体侵入过程中曾有地下隐爆作用发生。此外，尚发现具有十分密集的杏仁体的火山岩捕虏体，其岩性与主要岩石类型相同，表明在岩浆作用过程中亦曾有过火山喷出活动，隐爆和凝固成岩是在较浅部位进行的。因此杂岩体产状为超浅成隐爆潜火山岩。本区志留纪地层研究（傅力浦等，1986）表明，早中志留世本区为连续海相沉积，未出露过地表，因此这一超浅成隐爆潜火山活动是在水下发生的。

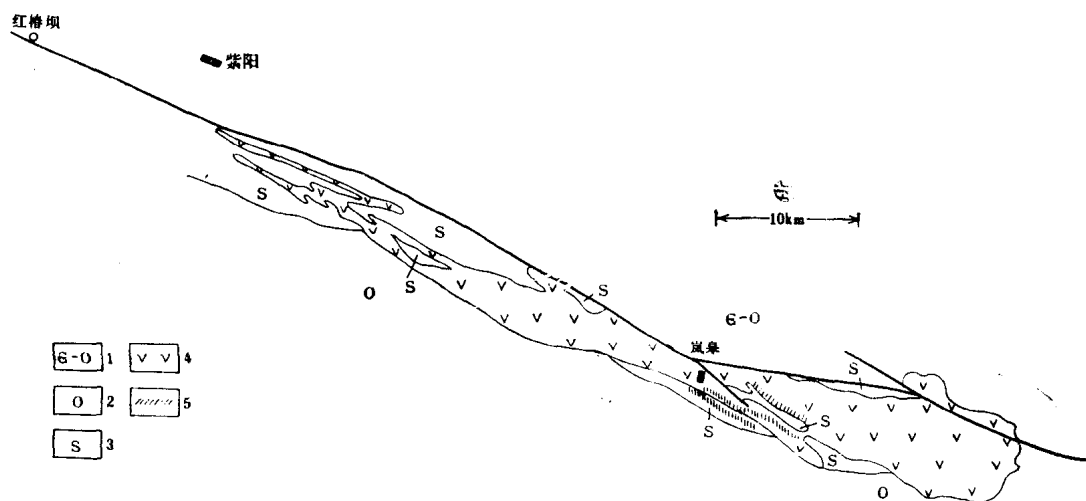


图4 岚皋碱质基性—超基性潜火山杂岩体地质略图

Fig. 4 Sketch map of Langao alkali basic-ultrabasic subvolcanic complex

1—寒武—奥陶系（洞河群）板岩、泥灰岩等；2—奥陶系板岩、灰岩；3—志留系碳质板岩、灰岩；4—碱质基性—超基性潜火山杂岩体；5—金伯利岩似金伯利岩亚类及白榴金云透辉煌斑岩亚类出露区

### 二、岩石类型

北大巴山碱质基性—超基性潜火山杂岩体中有两大类岩石：碱质基性—超基性岩是最主要的一大类；粗面斑岩只有少量分布。此外，还有碱性长石碳酸岩，它们一般呈细脉出现，没有独自的地质体，但出露广泛，在本章中将作为一种岩石类型予以介绍。在捕虏体

中还出现一些特殊的岩石,也将予以论述。

碱质基性—超基性岩类在1:20万地质图上命名为辉石玢岩(陕西省地质局区域地质测量队,1966)<sup>①</sup>,在80年代的研究工作中,发现本区碱质基性—超基性岩类岩石类型复杂,除原有的辉石玢岩外,又建立了橄辉玢岩、粗面玄武岩及辉石粗面斑岩这样一些岩石类型,并发现了金伯利岩类岩石(黄月华<sup>②</sup>,1988,1990;夏林圻、夏祖春等,1991)。此次研究工作,在详细的矿物学、岩石化学、微量元素及同位素地球化学、岩石结构构造研究的基础上,将本区碱质基性—超基性岩归入煌斑岩类。煌斑岩类是研究程度较差的一类岩石,近几十年来,由于在煌斑岩类岩石中发现金刚石和金矿,加之,煌斑岩中赋存的幔源捕虏体可为研究深部地幔提供重要信息,提高了煌斑岩在岩石学研究中的地位,因此,此类岩石逐渐引起人们的重视。过去煌斑岩类仅划分为碱性与钙碱性两大类,随着研究工作的深入,对煌斑岩类岩石类型的划分也出现不同的认识,可概括为两种观点:一种观点将金伯利岩和钾镁煌斑岩划入煌斑岩类,国际地科联(IUGS)火成岩分类学分委会推荐的“火成岩分类及术语词典”(Le Maitre 主编,1989)中煌斑岩类包括煌斑岩、钾镁煌斑岩及金伯利岩。这个分类与Rock(1977,1990)的分类是一致的,不过Rock将其中的煌斑岩又分为钙碱性煌斑岩、碱性煌斑岩及超镁铁质煌斑岩,这样,连同钾镁煌斑岩及金伯利岩构成了煌斑岩类的5个分支。另一种观点认为金伯利岩及钾镁煌斑岩不应划入煌斑岩类,它们是钾质及超钾质岩石(Bergman,1987, Mitchell,1991)。本区煌斑杂岩中有金伯利岩出现,它们与煌斑岩是同源共生的,因此,在本书中应用第一种分类方案。本区碱质基性—超基性潜火山杂岩中各类岩石基本上具备“火成岩分类及术语辞典”(Le Maitre<sup>c</sup>等,1989)及Rock(1990)所提出的煌斑岩类的特征:①岩石富挥发分,CO<sub>2</sub>及H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>含量一般均大于5%;②岩石化学成分表明本类岩石均为碱性系列岩石;③具不等粒结构,粗晶为自形或被熔蚀;④在同一岩石中有两世代或三代镁铁质矿物,如橄榄石、单斜辉石、金云母及角闪石;⑤长石类矿物仅在基质中出现;⑥有球状构造;⑦暗色矿物常被绿泥石、碳酸盐、石英等交代;⑧具潜火山岩产状。

本区碱质基性—超基性岩虽可归入煌斑岩类,但其矿物岩石地球化学特征有若干特殊性,已有的煌斑岩类的各种岩石名称尚不能完全覆盖本区的岩石,因此采用主要的粗晶矿物为冠加基本岩石名称命名,有一些岩石则沿用前人已定名称。

现将本区岩石类型及名称列于下:

### (一) 煌斑岩类 (Lamprophyre Group)

#### 1. 金伯利岩与似金伯利岩亚类 (Kimberlite and Kimberlitoid subgroup)

##### (1) 橄榄金伯利岩 (Olivine Kimberlite)

##### (2) 金云橄榄金伯利岩 (Phlogopite olivine kimberlite)

##### (3) 蚀变金云斑岩 (Altered phlogopite porphyry)

#### 2. 白榴金云透辉煌斑岩亚类 (Leucite phlogopite diopside lamprophyre)

##### (1) 白榴金云煌斑岩 (Leucite phlogopite lamprophyre)

##### (2) 金云透辉煌斑岩及黑云透辉煌斑岩 (Phlogopite diopside lamprophyre and biotite diopside lamprophyre)

① 陕西省地质局区域地质测量队,1966,1:20万紫阳幅地质图。

② 中国地质报,1988年9月23日报道。

- (3) 白榴透辉煌斑岩 (Leucite diopside lamprophyre)
- 3. 辉石玢岩亚类 (Pyroxene porphyrite subgroup)
  - (1) 橄辉玢岩 (Olivine Pyroxene porphyrite)
  - (2) 辉石玢岩及角闪辉石玢岩 (Pyroxene porphyrite and Amphibole pyroxene porphyrite)
  - (3) 碱长辉石玢岩 (Alkali-feldspar pyroxene porphyrite)
- (二) 粗面斑岩类 (Trachyte porphyry Group)
  - (1) 黑云粗面斑岩 (Biotite trachyte porphyry)
  - (2) 角砾状粗面斑岩 (Breccia trachyte porphyry)
- (三) 碳酸岩类 (Carbonatite Group)
  - (1) 细脉状碱性长石碳酸岩 (Veinlet alkali-feldspar carbonatite)
  - (2) 角砾状碳酸岩 (Breccia carbonatite)
- (四) 捕虏体 (Xenolith)
  - (1) 角闪金云辉石岩 (Amphibole phlogopite pyroxenite)
  - (2) 铬尖晶石辉石岩 (Cr-spinel pyroxenite)
  - (3) 绿色辉石岩 (Green pyroxenite)
  - (4) 基性火山岩 (Basic volcanic rocks)

## 三、岩 相 学

### (一) 煌斑岩类

1. 金伯利岩与似金伯利岩亚类：分布在岚皋岩体中段南侧，岩带走向与岩体方向一致（见图4）。橄橄榄金伯利岩及金云橄橄榄金伯利岩具有金伯利岩的基本矿物——橄橄榄石及金云母，具有不等粒结构及金伯利岩所特有的橄橄榄石卵斑及自形晶共存的结构（Rock, 1990），同时也具有金伯利岩某些岩石化学特征。划为似金伯利岩的蚀变金云斑岩呈脉状与橄橄榄金伯利岩共生，也含有金伯利岩的基本矿物及某些微量元素分配特征，但蚀变较强烈，暂划入似金伯利岩。

橄橄榄金伯利岩：出露于岩体中部南侧围岩中，岩体呈脉状，顺层侵入，与围岩接触界线清晰。岩石具明显的<sup>不等粒结构</sup>，斑晶橄橄榄石已被碳酸盐、滑石、蛇纹石、绿泥石及石英等交代。橄橄榄石斑晶有两个世代：第一世代粗晶橄橄榄石大者可长达7.5mm，一般外缘圆滑呈浑圆至次浑圆状（照片1），第二世代橄橄榄石斑晶小于1mm，以0.02—0.3mm者居多，常有较好的自形晶（照片2）。基质为细粒碳酸盐、绿泥石、绿泥石化金云母、蛇纹石、铬尖晶石、钛铁矿、黄铁矿、镍黄铁矿及磷灰石等。碳酸盐与绿泥石常呈格架状结构。此外，此类岩石中可能有绿泥石化镁铝榴石，该矿物呈橙色半透明，外缘有不透明黑圈，无干涉色或有微弱干涉色，晶体外缘圆滑，也有破碎状，一般大小为0.1—0.3mm，经电子探针测定其成分似绿泥石，但比绿泥石低 $Al_2O_3$ ，富 $TiO_2$ 及 $Cr_2O_3$ ，与山东金伯利岩中镁铝榴石次变边成分相似，推测为绿泥石化镁铝榴石（参考文献10，P.166）。

金云橄橄榄金伯利岩：岩石以角砾产于早志留世板岩中，出露于岩体中段南部岚皋滔河一带。这类岩石是西北大学黄月华首先发现的。含角砾的板岩具角砾构造及页理构造，角

砾的形态极不规则、排列亦无方向性，大小可从0.2至4 cm，分选性极差，不显示层理排列。角砾的成分以细砂—粉砂质岩石为主，其次为金云橄榄金伯利岩及金云母晶屑（约占3%—5%），再有少量单斜辉石，碱性长石及石英、碳酸盐。胶结物为碳质及粉砂质矿物。

金云橄榄金伯利岩岩屑一般小于2 cm，岩石呈块状，具斑状结构（照片3），斑晶为金云母及橄榄石。金云母斑晶有大小两种，大斑晶一般大于0.5 mm，最大的金云母呈晶屑产出，直径可达1.5 cm，呈卵斑状及自形六边形状产出，大边形晶体的边及棱角均有圆滑现象，显示经受过一定的熔蚀作用。小斑晶一般为板状，长0.1—0.3 mm。斑晶金云母消光较均一，不显环带。橄榄石亦有两个世代斑晶，大斑晶多大于1 mm，微斑晶小于0.5 mm，二者多为浑圆状，也有部分较自形晶体，橄榄石已全被碳酸盐、绿泥石及石英交代（照片3）。基质由极细的绿泥石、钛磁铁矿、绿泥石化金云母及碳酸盐组成。此外岩石中还有微量磷灰石。

含金云橄榄金伯利岩角砾的板岩由碳质及粉砂质矿物组成，粒度较均一，岩石无糜棱构造特征，不是构造角砾岩。如第一章所述，本区早、中志留世为连续沉积，其中没有出露地表的沉积间断，因此这些角砾也不可能是地表风化侵蚀形成的。角砾的分选性差及不顺层理排列，表明其未经过长期搬运、金云橄榄金伯利岩角砾常具火山弹的形态特征，表明角砾岩的形成与火山作用有关。以此推测在早志留世地层沉积过程中，水下金伯利岩岩浆爆发，将其顶盖或附近的沉积物冲破，火山角砾连同沉积物碎屑溅入附近的沉积物中，形成了现在的岩石。

**蚀变金云斑岩：**呈脉状产于志留纪板岩中，出露在岩体中部南侧，与橄榄金伯利岩脉共生。岩石呈块状，具斑状结构，斑晶均已蚀变：第一种斑晶矿物为金云母，黄褐色—暗褐色，有吸收性，长约0.5—2 mm，常呈塔状或格架状，格架中为蚀变暗色矿物。金云母现已变为富TiO<sub>2</sub>的绿泥石，其成分见表1，33—35。第二种斑晶矿物可能为橄榄石，呈浑圆状或略具晶形，均已被绿泥石、石英及碳酸盐取代。第三种斑晶矿物推测为辉石，多为自形晶，可见一组平行柱面的解理，晶体已全为褐色碳酸盐取代。第二世代金云母较小，约0.05—0.1 mm，常呈片状围绕斑晶生长。岩石中尚有含量约达1%（面积比）的磷灰石。基质由长柱状暗色矿物（已全碳酸盐化）、绿泥石、碳酸盐、金红石及钛磁铁矿细粒组成。

2. 白榴金云透辉煌斑岩亚类：出露于岚皋县城南滔河与岚河一带，亦呈岩带出现在岚皋岩体南侧，岩带走向与岩体方向一致（见图4）。本亚类岩石具有煌斑岩与钾镁煌斑岩之间的过渡型特点，例如岩石中既含有钾镁煌斑岩的“标型”矿物：贫铝富钛金云母及白榴石（假象）（据Bergman, 1987; Mitchell, 1988; Rock, 1990），同时又含有常在碱性煌斑岩及超镁铁质煌斑岩中出现的中等—富铝单斜辉石及钛闪石—韭闪石（据Bergman, 1987; Rock, 1990），岩石主元素及微量元素特征总体说来靠近碱性煌斑岩及超镁铁质煌斑岩。这种特殊类型的岩石目前尚未见报道，现将这亚类岩石仍划入煌斑岩类，其下可分为三种岩石类型：

**白榴金云煌斑岩：**岩体产于下志留纪泥质板岩中，为顺层侵入，岩体边缘含有围岩角砾，大者达6—7 cm，一般1—2 cm，形态不一，周边较圆滑，至岩体中部角砾减少。岩石具斑状结构，斑晶为金云母及白榴石，金云母呈卵圆状斑晶，没有环带。白榴石一般为

等轴粒状，也有较自形的，呈六边形或八边形或板状，也有浑圆的或破碎的，晶体一般0.2—0.5 mm，大者为1—1.5 mm，被钾长石、钠长石及石英等交代（照片4）。此外，岩石中可能还有橄榄石或辉石斑晶，呈柱状，被绿泥石或绿泥石、石英及碳酸盐交代。基质为碳酸盐、绿泥石化金云母（成分见表1，36）及绿泥石，组成显微晶质结构。白榴金云煌斑岩还有一种具角砾构造的类型，其中的角砾即为白榴金云煌斑岩，捕虏晶为卵斑状金云母、白榴石（假象）及橄榄石或辉石（假象）。胶结物为碳酸盐、黑硬绿泥石及绿泥石。

**金云透辉煌斑岩及黑云透辉煌斑岩：**亦出露于岩体中段，二者间呈渐变过渡关系。岩石具斑状结构，斑晶为透辉石及贫铝富钛金云母—黑云母。透辉石有斑晶及微斑晶，斑晶为自形，常具环带。金云母为片状，沿解理常有被绿泥石及帘石交代现象（照片5）。基质由透辉石、金（黑）云母、绿泥石、帘石及钛铁矿—白钛石组成，透辉石呈细长柱—针状、金（黑）云母呈小片状出现。此外，岩石还有少量杏仁体，在杏仁体中充填绿泥石及帘石或绿泥石及绢云母。本类岩石还有一些不同的变种，如有的只在基质中有云母，而没有斑晶云母；有的没有斑状结构；有的捕虏晶含量特别高等等。

本类岩石含较多的捕虏体及捕虏晶，角砾构造发育，也可称为角砾状金云（黑云）透辉煌斑岩。捕虏体的岩石类型除寄主岩外，其它的可分为四类：一类是本杂岩体中的辉石玢岩亚类岩石，如辉石玢岩、碱长辉石玢岩等，在捕虏体中所占比重较大；第二类是以透辉石、角闪石、金云母等矿物不同比例组成的辉石岩或金云母岩，还含有磷灰石，碳酸盐等；第三类是以霓辉石或含钠透辉石为主组成的黑云母、磷灰石或碳酸盐绿色辉石岩；第四类出现较少，为一些火山岩（钠长玄武岩、粗面岩等）及围岩的角砾。捕虏晶有单斜辉石、绿色辉石、角闪石、椭圆状金云母、磷灰石、钛铁矿—钛磁铁矿等。捕虏体及捕虏晶之间的胶结物为脱玻化的极细粒矿物，可分辨出有绿泥石、金云母、污秽状帘石或含钛矿物集合体。

**白榴透辉煌斑岩：**岩石呈块状，具斑状结构，斑晶为透辉石及白榴石（假象）。透辉石有两世代斑晶，粒度分别为0.5—0.8 mm，及0.05—0.15 mm。大斑晶为自形，多有环带，或在晶体边部有一环边，中部呈斑块状不均一消光。微斑晶多为半自形，有时为聚晶状。白榴石呈等轴粒状或具六边形形态，有的有破碎，颗粒直径0.4—4 mm，以小于1 mm的居多。白榴石已被钠长石、石英、绿泥石等取代。基质由微晶状辉石以及绿泥石、楣石等组成。磷灰石、金红石、闪锌矿等以副矿物出现。此外，岩石中还有破碎状、棱角状的单斜辉石捕虏晶。

3. 辉石玢岩亚类：本类岩石具碱性煌斑岩特征：化学成分属碱性系列岩石，同时富含挥发分  $H_2O^+$  及  $CO_2$ ；在矿物成分上，不出现斜长石，碱性长石只在基质中出现，斑晶矿物为暗色矿物，岩石中有两个世代以上的同种暗色矿物，岩石具斑状结构及煌斑岩类常见的球状构造；岩体为潜火山产状。据以上特征可将其归入碱性煌斑岩范畴。本类岩石虽有较高的  $H_2O^+$  含量，但大部分岩石中仅有少量角闪石或金（黑云母），甚至有的没有这两种矿物，这与典型的煌斑岩不太一致，故此，我们对此类岩石仍沿用已有的名称——辉石玢岩、橄辉玢岩等（黄月华，1990；夏林圻、夏祖春等，1991）。本亚类岩石因含较多捕虏体、捕虏晶而呈角砾构造。有的捕虏体在露头上呈长椭球砾状有方向地排列，推测这是地下隐爆作用将已结晶但还是炽热的岩石爆裂为碎块，它们又被后来的岩浆捕获，随着这



些熔浆的流动被揉圆和定向排列。有的捕虏体则呈各种形态，大小不一（图5）。根据矿物组分可将本亚类岩石划分为三种类型：

**辉石玢岩及角闪辉石玢岩：**是本区出露最广泛的岩石，组成杂岩体的主体。常含有少量角闪石，将角闪石含量 $>5\%$ 的辉石玢岩称为角闪辉石玢岩，本类岩石有顺层侵入也有微斜切地层侵入的现象。岩石具斑状结构，斑晶为透辉石，常见有大小悬殊的两个世代斑晶（照片6），大斑晶为自形晶，最大长可达2mm，常有环带结构，微斑晶亦常为自形。除斑晶外，岩石中的粗晶矿物还有呈捕虏晶的角闪石及单斜辉石，有时还有椭圆状金云母。基质由细粒长柱状—针状透辉石及细粒绿泥石、帘石及榍石—白钛石组成显微晶质结构。岩石具角砾构造，含有较多捕虏体。捕虏体成分有单一的及复杂的两种：具单一捕虏体成分的岩石，其捕虏体及胶结熔浆均为辉石玢岩，捕虏晶主要为单斜辉石；捕虏体成分复杂的岩石中除有辉石玢岩捕虏体外，还有碱长辉石玢岩及少量出现的粗面岩、杏仁状暗色火山岩、页岩及板岩等，捕虏晶除单斜辉石外还有角闪石、金云母、钛铁矿、磁铁矿、磷灰石等。岩石还具球状构造，球体大者直径2.5mm，小者0.2mm，由钠长石、钾长石及方解石组成（照片7），是不混溶作用的产物。这种碱性长石加方解石的矿物组合被常以细脉状或不规则状进入岩石，特别是捕虏体之间的间隙部位。辉石玢岩还以喷出相出现，其杏仁体十分发育，这类辉石玢岩目前仅在捕虏体中见到，尚未发现地质体。

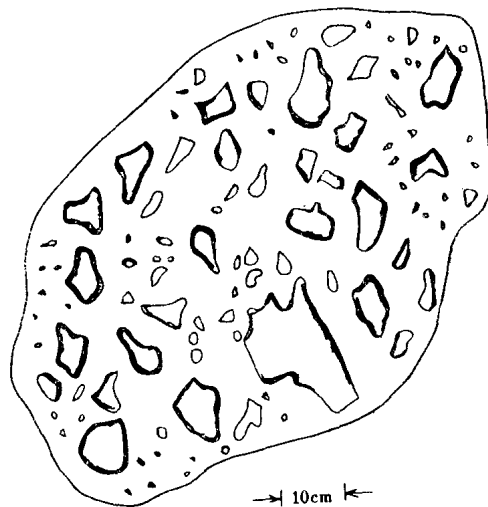


图5 角砾状辉石玢岩露头素描  
Fig.5 Sketch map of crop breccia  
pyroxene porphyrite

**橄辉玢岩：**岩石具斑状结构，斑晶为单斜辉石及橄榄石。单斜辉石为自形，环带结构发育，可见其包有早期的单斜辉石残晶。橄榄石亦为自形，或被熔蚀而呈圆滑边缘，现已被碳酸盐、石英及金属矿物取代。基质呈显微晶质结构，由单斜辉石、绿泥石及榍石等组成。岩石中尚有少量捕虏体及捕虏晶，主要为辉石岩及单斜辉石。

**碱长辉石玢岩：**在岚皋杂岩体东部溢河一带出露较多。岩石发育角砾构造，角砾约占90%，成分单一，均为碱长辉石玢岩，角砾之间为同成分岩石或为碳酸盐+钠长石集合体。岩石具斑状结构，斑晶为两个世代的单斜辉石，均为自形晶，微斑晶常呈聚合体状，基质具粗面结构，碱性长石板条略呈定向排列，在基质中常有自形但破碎的角闪石捕虏晶。除碱长辉石玢岩外，基质中出现碱性长石的岩石尚有：基质中碱性长石与黑云母各占一半的辉云碱煌岩，还有一种不出现辉石，以角闪石及碱性长石为主，含少量黑云母的可称为云闪碱煌岩的岩石。后两种类型目前仅在捕虏体中发现。

## （二）粗面斑岩类

1. **角砾状粗面斑岩：**出露在岚皋岩体中段南侧围岩中，顺围岩层理产出，厚10cm至40cm不等，斑晶的流动构造清楚。岩石具火山角砾构造、斑状结构。斑晶矿物为钾钠长石，常有格状或补片状消光，呈板状晶体，此外还有少量磷灰石斑晶。基质由钾钠长石，

少量黑云母及绿泥石组成显微晶质结构，有时结晶很细，呈极细的球颗粒结构。捕虏体主要为具粗面结构的粗面岩以及钠长石、钾钠长石捕虏晶，另外还有少量围岩角砾。

2. **黑云母粗面斑岩**：出露在平利县松河乡一带，岩体呈厚层状产出。岩石具斑状结构，斑晶为钾钠长石，常常中心为钠长石，边缘为钾钠长石，或亦有钠长石仅呈残留斑状出现。基质由极细粒黑云母和碱性长石组成隐晶质结构。此外岩石中亦含有少量具正斑结构的粗面岩捕虏体。

### （三）碳酸岩类

1. **细脉状碱性长石碳酸岩**：这类岩石没有独立的地质体，常呈细脉状或网脉状侵入煌斑岩类，也有呈球状体出现在岩石中的，它代表了煌斑岩浆不混溶分离的富  $\text{CO}_2$  流体。岩石的主要组成矿物为方解石、钾长石及钠长石，在不同地点，三者的含量比例不同，一般都含有方解石，含量在50%以上。当大量的碳酸岩脉侵入辉石玢岩时，碳酸岩网脉将辉石玢岩分隔为许多块体，块体之间岩石结构构造一致。也有由碱性长石碳酸岩胶结的辉石玢岩角砾岩。

2. **角砾状碳酸岩**：呈岩脉产于岩体南侧围岩中，岩石具火山角砾构造及片状构造。角砾主要为各种具杏仁体的碳酸岩，这种碳酸岩的主要矿物为细粒碳酸盐，有时有少量黑云母，有的岩石有碳酸盐化的卵状斑晶，杏仁构造发育，杏仁体由绿泥石组成。少量晶屑为磷灰石、黑云母以及被碳酸盐、石英、绿泥石交代的柱状或浑圆状矿物。岩屑及晶屑约占90%，胶结物为碳酸盐、绿泥石及榍石、白钛石类细粒集合体。

### （四）捕虏体

如上所述，本区煌斑岩类岩石中含有较多捕虏体，其中大量的是本杂岩体中的一些岩石类型，除此之外，较常见的和有意义的是以下几种：

1. **金云角闪辉石岩**：这类岩石中金云母、角闪石及辉石等三种矿物的含量变化很大。金云母辉石岩具粒状镶嵌结构，透辉石含量最多可达90%（面积比），晶体大小约0.7—2.5 mm，三个晶体接触处交角近120°，矿物边缘有破碎带。金云母出现在透辉石间隙中（照片8）或沿透辉石解理交代。少量碳酸盐也在矿物间隙中出现。岩石中金云母及透辉石成分与南非金伯利岩中MARID捕虏体（Frances, 1986）及乌干达钾质熔岩中的金云母辉石岩地幔捕虏体（Lloyd, 1981）中矿物成分相似，据辉石成分估算，其形成时压力为1.9—4.4 GPa（见第三章），加上上述地幔岩结构，将这类捕虏体归为幔源捕虏体，属于黄月华（1993）所提出的本区“金云母角闪岩—辉石岩”幔源捕虏体系列。在这类捕虏体中普遍出现金云母及角闪石交代单斜辉石现象，有的捕虏体中辉石已成为残晶，角闪石交代单斜辉石，尔后又被金云母交代，成为辉石角闪金云母岩，也有的完全为金云母交代，而成为含磷灰石金云母岩。总之，由于交代作用程度的不同，致使单斜辉石、金云母、角闪石这三种主要矿物的含量比在不同捕虏体中有很大的变化。

此外，还有一种金云角闪岩代表幔源捕虏体被深源岩浆交代的現象，这种金云角闪岩中角闪石成分与上述地幔交代型角闪石相似，而金云母成分却与岩浆深源结晶的金云母相同（见第三章），表明幔源捕虏体在岩浆中再次受到交代作用。

2. **铬尖晶石辉石岩**：目前仅发现一个透辉石与铬尖晶石共生的捕虏体，岩石的结构不清楚。透辉石成分与上述金云母辉石岩中透辉石相同，且较富  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ，推测也是幔源捕虏体的一种类型。