

河北省保定地质工程勘察院

JICHU DIZHI
YU KUANGCHAN YANJIU

基础地质 与矿产研究

地质工作实践与创新

郝太平 著

地质出版社

河北省保定地质工程勘察院

基础地质与矿产研究

——地质工作实践与创新

郝太平 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书收集了作者不同时期撰写的 15 篇代表性论文, 研究内容涉及基础地质学、岩石地球化学、同位素地质年代学和矿床地质学等方面, 从不同角度提出了各个研究领域的研究方法和新认识。

本书可供从事基础地质、岩石地球化学、同位素地质年代学、矿床地质的野外地质工作者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

基础地质与矿产研究: 地质工作实践与创新/郝太平
著. —北京: 地质出版社, 2007. 7
ISBN 978-7-116-05317-5

I. 基... II. 郝... III. 地质学—文集 IV. P5-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 081473 号

责任编辑: 郑秀娟 柳 青

责任校对: 黄苏晔

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324573 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zhs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京长宁印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm^{1/16}

印 张: 9

字 数: 210 千字

印 数: 1—600 册

版 次: 2007 年 7 月北京第 1 版·第 1 次印刷

审 图 号: GS (2007) 944 号

定 价: 25.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-05317-5

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

序

郝太平同志 1978 年毕业于青海工农学院（现名为青海大学）地质系。先后参加完成前寒武纪专题研究项目 5 个，参加和主持完成 3 个 1:20 万及 14 个 1:5 万图幅的区域地质调查课题。我院成立后，主持完成 2 个矿产普查项目和数十个矿产勘查项目的立项、设计。先后在《地质论评》、《地质地球化学》等刊物发表论文 30 余篇。

他是一个普通的地质工作者，他在基层地勘单位从事地质勘查工作已 30 余年，在昆仑山、横断山、燕山、太行山的荒山野岭间，留下了一串串深深的脚印，也留下了他对地质事业的贡献。《基础地质与矿产研究》一书是把基础地质理论与成矿理论相结合，运用新思维和新方法探索地质找矿的优秀成果。

本书的一大特色是作者把地质理论与实践工作相结合，在生产实践中不断探索创新，我们从书中的每一部分都可以看到这样的创新点。例如：对“三江”地区首次发现的前寒武纪变质岩的研究中，作者从岩石单位的基本特征、同位素地质年代学等方面入手，分析区域地质条件，提出了川西、藏东地区前寒武纪变质岩可能属于华南地壳的组成部分，其形成时间应在古元古代或更早的时期内；同时根据 Rb - Sr 同位素“区域等时线”、“异常点等时线年龄”的研究，划分出 3 期重要的构造变动时间，对变质岩区同位素地质年代学的研究具有重要理论意义。作者根据多年从事岩石学工作的经验，从实际工作和基本理论两个方面提出了正确选择和使用各类岩石化学图解的方法、步骤，并提出了岩石系列分界带的概念。通过对河北涞源县浮图峪矿田构造研究，提出了矿田具有岩浆型 Cu - Mo - 矽卡岩型 Cu - Fe - 热液型 Pb - Zn 环带分布成矿特点和共轭断裂系统控矿的模式，指出了矿田向深部、向外围扩大矿床规模的找矿方向，收到了显著效果。

本书的另一特色是作者以论文的形式，总结了多年的基础地质研究成果与找矿经验，既有系统性，又有针对性，更兼有独到认识，是一部从基础地质入手，分析区域岩石、岩石地球化学、构造、成矿条件，总结不同地区的板块构造特征，颇有特色的科研著作。

地质学是一门理论性和实践性都很强的学科，野外和生产一线的实践是不断充实地质学理论的重要源泉。目前我国地质工作现状不容乐观，对此问题尚未能很好地解决。我们祝贺这一专著的出版，希望本书能为同行提供有益的借鉴。

河北省保定地质工程勘查院

院 长 刘长坡

2007 年 4 月

前 言

本书是作者在近 30 年的地质工作生涯中,对参加和主持完成的地质项目,运用新理论、新思维,通过不断创新,取得的部分地质成果的总结。

本书收集的论文主要由作者独立完成并在所研究领域有所创新。节选的文章已在国内各级期刊公开发表,研究领域涉及基础地质学、岩石地球化学、同位素地质年代学和矿床地质学等方面。全书由四部分组成。第一部分为基础地质研究,由 2 篇论文组成,第一篇主要对三江地区首次发现的前寒武纪变质地层的基本特征进行了初步研究,确认了元古代地层的存在,对区域地质构造发展史产生了重要的影响,第二篇根据作者多年从事岩石学工作的经验,从实际工作和基本理论两个方面提出了正确选择和使用各类岩石化学图解的方法、步骤。第二部分为岩石地球化学研究,由 6 篇论文组成,研究地区涉及西北、三江、华北地区,通过对不同地区、不同成因类型的岩石地球化学特征研究,建立了不同构造背景的岩石/球粒陨石稀土配分模式,并对岩石不同程度的混熔、混合进行了稀土元素配分模拟。第三部分为同位素地质年代学研究,由 2 篇论文组成,通过对三江地区首次发现的前寒武纪地质体的 Sm-Nd、Rb-Sr 同位素组成研究,提出了川西、藏东地区前寒武纪变质岩可能属于华南地壳的组成部分,其形成时间应在古元古代或更早的时期内的论点,对 Rb-Sr 同位素等时线年龄的研究,提出了“区域等时线”、“异常点等时线年龄”的概念及意义,对变质岩区同位素地质年代学的研究具有重要理论意义。第四部分为矿床地质学研究,由 5 篇论文组成,对分布在赞比亚-刚果民主共和国地区的世界最大的铜矿床特征进行了详细介绍,对河北省铅锌矿资源进行了系统总结并提出了不同成因类型铅锌矿的找矿方向,通过对河北省涞源县浮图峪矿田的研究,提出了矿田具有岩浆型 Cu-Mo-矽卡岩型 Cu-Fe-热液型 Pb-Zn 环带分布成矿模式和构造控矿模式,指出了矿田向深部、外围扩大矿床规模的找矿方向。

本书出版前,作者对各部分内容重新进行了修订和补充,对原文的错漏之处统一进行了修改。最后,我要特别感谢河北省保定地质工程勘察院对本书的出版给予的大力支持和帮助,是他们的鼓励和支持才使我有信心完成本书的编著出版。

作 者

2007 年 4 月

目 次

序 前 言

基础地质学研究

- 金沙江中段波罗-巴塘地区元古代地层的确定及主要地质特征 (2)
- 火成岩分类命名、系列划分、构造环境判别图解的使用和问题 (9)

岩石地球化学研究

- 板块构造和砂岩地球化学组成 (16)
- 青海东部化隆群裂谷型火山沉积岩系地球化学特征 (23)
- 龙羊峡地区中酸性火山岩稀土元素地球化学特征 (33)
- 青海东部过马营一同仁花岗岩带地质地球化学特征 (38)
- 金沙江北段镁铁-超镁铁质岩主要岩石地球化学特征 (47)
- 太行山北段龙泉关一带花岗岩类稀土元素地球化学特征 (57)

同位素地质年代学研究

- 金沙江北段元古宙变质岩的 Sm - Nd 同位素年龄报道 (65)
- 金沙江北段元古宙变质岩的 Rb - Sr 同位素年龄研究 (70)

矿床地质学研究

- 西南格陵兰前寒武纪 Tortop 群的金矿化 (80)
- 铁矿石中磷灰石的镧系元素和铈的分布及其在基律纳型矿石成因上的意义 (84)
- 赞比亚铜矿带地质 (88)
- 河北省铅锌矿资源潜力与找矿方向预测 (123)
- 对河北省涞源县浮图峪矿田控矿构造的几点认识 (132)
- 结 语 (138)

基础地质学研究

金沙江中段波罗-巴塘地区元古代地层的确定及主要地质特征*

摘 要: 出露于波罗-巴塘地区的一套中级变质岩系, 时代归属颇有争议。作者在近年区调工作的基础上, 重新厘定其时代为元古宙, 建议命名“雄松群”, 并划分为下部片麻岩组合和上部大理岩组合两个岩石地层单位。变质岩系在剖面上大致可划分出红柱石-堇青石带、矽线石带两个变质带, 属低压变质相系。对变质岩系岩石进行的 3 组 Rb-Sr 等时线定年测定为 611~670 Ma, 1 组 Sm-Nd 等时线定年测定为 1600 Ma。前者大致相当于澄江运动的时间, 大体反映距今 700 Ma 左右的澄江运动在本区强烈影响的结果, 应是变质年龄。1600 Ma 的 Sm-Nd 年龄值成线性好, 且 Sm、Nd 元素抗变质作用能力较强, 可作为雄松群的成岩年龄。雄松群具有深、浅层次的多次形变特征, 与川中、鄂西、黔北等地的变质地层可对比, 应是扬子板块结晶基底的一部分。

关键词: 波罗-巴塘地区; 元古宙; 雄松群; 扬子板块

1 地质概况

研究区的元古代地层为一套中级变质岩系, 呈北北西-南南东向出露于波罗-巴塘地区。东以金沙江断裂为界与上三叠统混杂堆积岩相邻, 西大致以字嘎寺-德钦断裂为界与中生代火山岩呈断层接触或不整合接触。南北延伸大于 60 km, 东西宽约 40 km, 分布面积约 6 000 km² (图 1)。三江区域矿产志 (1984) 和 1:100 万昌都幅 (1974) 及周邻 1:20 万图幅在历年的工作中对其时代归属众说纷纭, 划分方案颇多 (表 1), 时代归属寒武纪、泥盆纪、二叠纪不一。该区属地质工作薄弱区, 历来为国内外地质工作者所关注。作者在

表 1 雄松群划分沿革表

三江区域矿产志 1984										1:100 万昌都幅 1974										1:20 万德格幅 1987										1:20 万昌台幅 1977										1:20 万义敦幅 1980										本文																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

* 本文原刊于《西藏地质》1991 年第 2 期第 1~7 页。

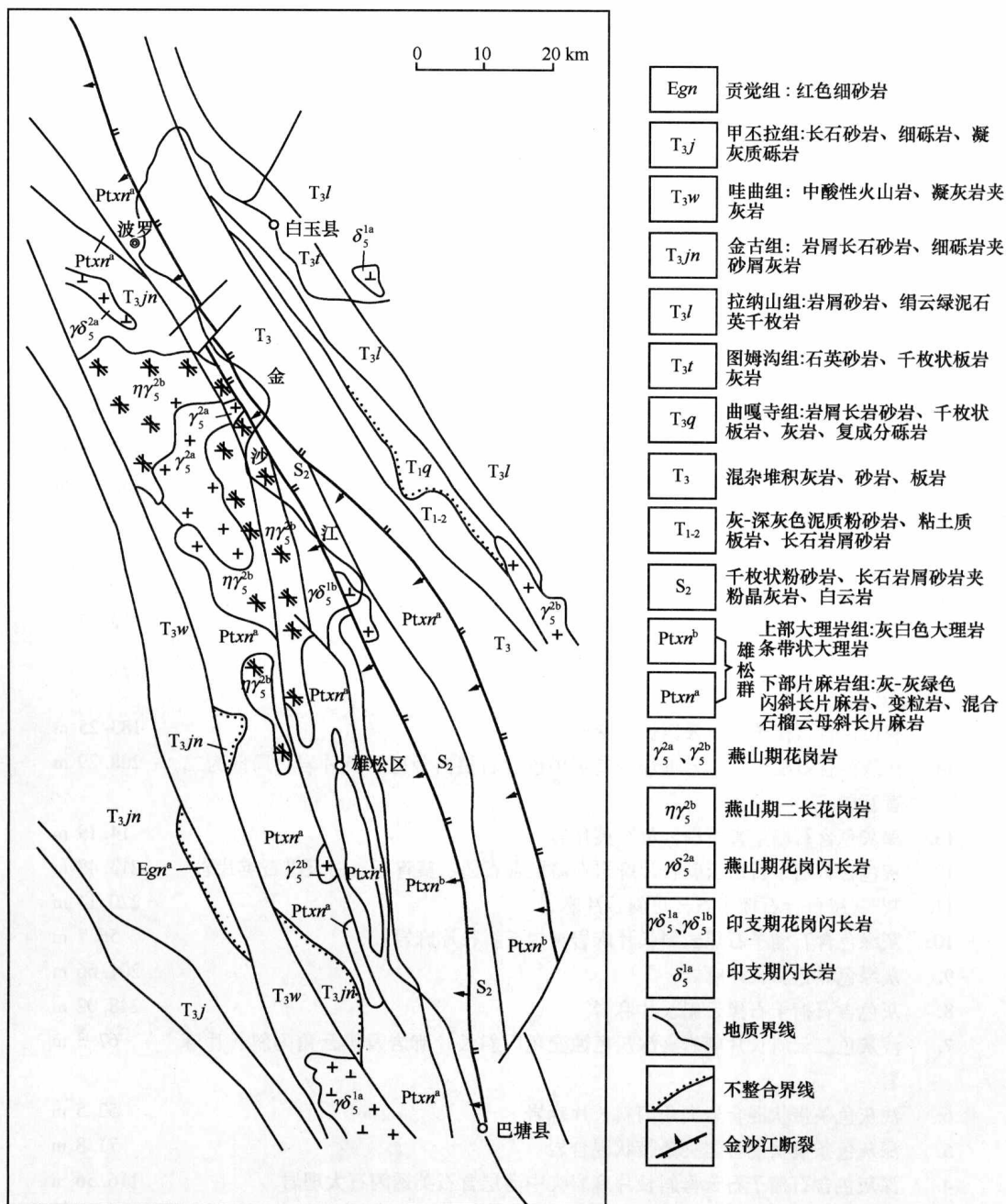


图1 波罗-巴塘地区地质略图

近年区调工作的基础上,重新厘定其时代为元古代,对该区地质构造的研究具有十分重要的意义。本文拟从实际资料入手,重点介绍该变质岩系的岩石组合,变质、变形的基本特征,提出时代归属的证据并简述其地质构造意义。

2 变质岩系基本地质特征

2.1 岩石组合单元基本特征

波罗-巴塘地区的元古代变质岩系自东而西由上部大理岩夹二云母片岩组合构成向形构造,下部各种类型片麻岩、混合岩组合构成背形构造。褶皱轴呈北北西向,总体构成一巨型背向形构造,未见顶底。上下岩组为连续过渡关系。现将具代表性的雄松实测剖面(图2)的岩石地层单元描述如下:

大理岩组 (Ptxn^b)

- | | |
|---|----------|
| 23. 灰色含石榴子石角闪斜长片麻岩与深灰色含石榴子石片状石英岩互层,下部为大理岩 | 56.48 m |
| 22. 灰色中厚层条带状大理岩 | 261.33 m |
| 21. 浅灰色含白云石大理岩 | 130.28 m |
| 20. 灰白色白云斜长片麻岩夹条带状大理岩 | 233.73 m |
| 19. 浅灰色块层糖粒状大理岩夹条带状大理岩 | 275.8 m |
| 18. 浅灰-灰色角砾状大理岩 | 111.16 m |
| 17. 浅灰色块层状含白云石大理岩 | 59.38 m |
| 16. 包块层条带状大理岩 | 127.7 m |

————— 连续过渡 —————

片麻岩组 (Ptxn^a)

- | | |
|---|----------|
| 15. 灰白色含石榴子石白云斜长片麻岩 | 183.25 m |
| 14. 浅灰色含石榴子石二云母片岩夹灰黑色含石墨白云母石英片岩,局部为二者互层 | 208.29 m |
| 13. 深灰色含石墨堇青石白云母石英片岩 | 14.19 m |
| 12. 灰色含石榴子石白云斜长片麻岩夹薄层含石墨、堇青石、白云母石英片岩 | 213.42 m |
| 11. 灰-灰绿色含石榴子石云母斜长片麻岩 | 220.14 m |
| 10. 灰绿色含石榴子石黑云斜长片麻岩夹白云斜长片麻岩 | 56.7 m |
| 9. 灰绿色黑云斜长片麻岩 | 201.66 m |
| 8. 灰色含石榴子石黑云斜长片麻岩 | 248.02 m |
| 7. 浅灰色二云斜长片麻岩夹深灰色蚀变角闪斜长片麻岩及黑云角闪斜长片麻岩 | 67.3 m |
| 6. 浅灰色条带状混合岩夹角闪斜长片麻岩 | 52.5 m |
| 5. 深灰色条痕状混合岩夹条带状混合岩 | 71.8 m |
| 4. 深灰色含石榴子石云母斜长片麻岩夹中薄层含石英透闪石大理岩 | 116.56 m |
| 3. 深灰色二云斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩 | 58.1 m |
| 2. 灰色条带状混合岩夹黑云斜长片麻岩、二云斜长片麻岩及变粒岩 | 291.15 m |
| 1. 土黄色糜棱岩化条纹状混合岩 | 19.65 m |

未 见 底

2.2 群的建立和岩石地层组合单元划分

自四川北部邓柯南经西藏江达、波罗、雄松直至四川巴塘继续南延,分布着一条近南

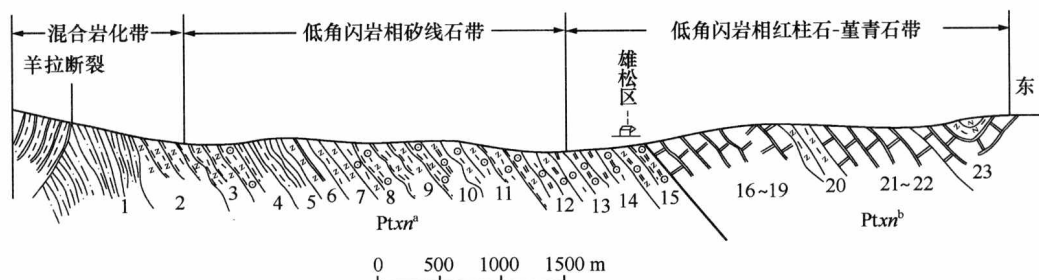


图2 贡觉县雄松群地质剖面图

北向纵贯川、藏两省（区）的“中深变质杂岩带”。这些杂岩前已述及曾被划属不同时代、不同成因的岩石。在近几年的区调工作中，对典型地段进行了实测剖面 and 地质路线观测，做了较系统的研究，以一定数量的同位素年龄数据，确认该变质杂岩是本区古老的结晶基底。这些杂岩主体为一套中深变质岩和由这些变质岩转化而成的混合岩，我们建议将其命名为“雄松群”。

从上述资料认定，本区波罗-雄松一带出露的这套变质岩系在区域上延伸稳定，按岩石类型组合可分上、下两个岩组：

下部片麻岩组（ $Ptxm^a$ ）

为浅灰-深灰色条带状混合岩，条痕状混合岩、黑云斜长片麻岩、二云斜长片麻岩、含石榴子石云母斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩夹深灰色含石墨堇青石白云母石英片岩，厚度大于 2022.73 m。

上部大理岩组（ $Ptxm^b$ ）

为浅灰-灰色块层条带状大理岩、含白云石大理岩、角砾状大理岩，顶部夹白云斜长片麻岩及含石榴子石片状石英岩，厚度大于 1255.87 m。总厚度大于 3278.6 m。

雄松群的建立，使这条纵贯南北的中深变质杂岩带的成岩时代和变质时代，在取得实际资料的基础上，将结束众说纷纭的历史而求得统一，对其应属本区古老的结晶基底可能会得到同行们的进一步认定。因之，雄松群的建立是必要的。

2.3 变质变形作用

2.3.1 变形作用

雄松群构造形变相当复杂，韧性变形十分发育。野外观察至少有 3 期形变，原始层理 S_0 已被 S_1 几乎全部置换。 S_2 也很发育，并发育有 S_3 面理。构造叠加强烈，褶皱层、石香肠、无根褶皱、倾竖褶皱、膝状褶皱、掩卧褶皱等相当发育，随处可见。抵抗变形能力较强的岩石形成的压力影屡见不鲜，在雄松区西侧的背形构造核部附近发育有顺层剪切产生的糜棱岩，局部可见剑鞘褶皱。

镜下观察，片麻岩中斜长石常被压扁拉长或错断，石英波状消光明显，上述特征反映本套地层在地史上至少经受过深层次和浅层次的不同构造变动，具有多期、多次变形特点。

2.3.2 变质作用

雄松群变质较深，变质岩石种类较多，典型岩石类型有：

斜长角闪岩类，主要见于雄松群下岩组中、下部。岩石为深绿-灰绿色，块状、条带状或芝麻点状。镜下一般为粒状或粒柱状变晶结构，主要由斜长石和角闪石组成，有时有黑云母，副矿物有磁铁矿、榍石、磷灰石等。斜长石 An 为 55 左右的中长石，角闪石为普通角闪石。

片岩类，呈夹层状出现于雄松群中，以含石榴二云母片岩类为主，主要成分有更长石、石英、黑云母、白云母、铁铝榴石等。常含堇青石、红柱石、矽线石、石墨等特征变质矿物。

片麻岩类，构成雄松群的主体，依暗色矿物含量及特征变质矿物的出现多寡而有不同亚类型。其中以含石榴黑云（角闪）斜长片麻岩为最多。岩石为灰绿-灰色，角闪斜长片麻岩中角闪石 > 黑云母；斜长石普遍被拉长、压扁；角闪石为普通角闪石，柱状、针状，横截面多为菱形，解理夹角为 124° 、 56° ；石榴子石为铁铝榴石，呈褐色，常构成筛状结构；石英包体呈反“S”形；堇青石他形粒状或柱状，平行消光，常蚀变为绢云母。

大理岩类，主要构成上部岩组。大理岩多为钙质，常含透闪石、蛇纹石、石墨、金云母等。

变质相带的划分，按《中国变质地质图》编制原则，在剖面上大致可划分出 2 个变质带。

红柱石-堇青石带，以红柱石、堇青石等相应矿物的出现为标志，角闪石为绿色，黑云母为深绿色，它们的主要矿物共生组合^①为：

- | | |
|---------------------------|--------------|
| ①And + Alm + Bi + Ms + Pl | 石榴红柱二云母片岩 |
| ②Cord + Bi + Ms + Pl + Q | 堇青白云斜长片麻岩 |
| ③Cord + Alm + Bi + Ms + Q | 二云母堇青石片麻岩 |
| ④Cord + Bi + Ms + Pl + Q | 含堇青斜长变粒岩 |
| ⑤And + Cord + Bi + Pl + Q | 红柱堇青黑云斜长片麻岩 |
| ⑥Hb + Alm + Bi + Pl + Q | 含石榴角闪黑云斜长片麻岩 |
| ⑦Hb + Bi + Pl | 斜长角闪岩 |

矽线石带，主体为下岩组，岩石中斜长石为更中长石，角闪石为绿色，矽线石多呈针状、毛发状，个别为柱状雏晶。典型矿物共生组合有：

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| ①Sil + Cord + Alm + Bi + Pl | 含石榴矽线堇青黑云斜长变粒岩 |
| ②Sil + Alm + Bi + Pl + Q | 含石榴矽线黑云斜长片麻岩 |
| ③Hb + Clpy + Bi + Pl + Q | 角闪斜长片麻岩 |
| ④Sil + Cord + Bi + Pl + Q | 含矽线堇青黑云斜长片麻岩 |

上述组合总体上可划为矽线石带，但未见 Sil + Qr 组合，只相当于温克勒（1974）划分的“第一矽线石带”。

另外，在戈波区东个别样品中出现有十字石，典型组合为 St + Alm + Bi + Ms + Q（含

① 长春地质学院·变质地质学的一些基本问题，1981。

十字石榴子石二云母片岩), 相当于红柱石-堇青石带, 但压力略有升高。

红柱石(堇青石)-矽线石型矿物组合表明为低角闪岩相特点。十字石在个别地方的出现, 可能说明部分地段压力略有增高。所以雄松群总体以划为低压相系为宜。

在戈波区东下岩组二云母片岩中取的 1 件白云母 B_o 值测压样品, 经西安地质中心实验室测定, $B_o=0.900A$, 其结果与该区变质带实际矿物组合特征协调一致, 表明雄松群为低压变质相系。雄松群递进变质分带明显, 变质作用类型应属区域动力热流变质。所以就变质作用特点而言, 应属元古代。

3 时代讨论

雄松群的变质程度较深, 并经历了较普遍的混合岩化作用, 暗示其时代可能较老。我们对波罗-巴塘一带的变质岩系岩石进行的 Rb-Sr 等时线和 Sm-Nd 等时线定年测定, 所获部分数据列于表 2。

表 2 雄松群同位素年龄

采样位置	岩 性	样品数	测年方法	年龄值/Ma
雄松区西	黑云斜长片麻岩	7 (5) *	Rb-Sr 全岩等时线	650.81 ± 151.95
雄松区	石榴白云斜长片麻岩	6 (4)	Sm-Nd 全岩等时线	1593.975 ± 240.5
木协区	斜长角闪片麻岩	6 (5)	Rb-Sr 全岩等时线	669.86 ± 24.47
盖玉区	阳起钠长片岩	6 (4)	Rb-Sr 全岩等时线	611.62 ± 38.54

注: () 内为参加等时线年龄计算的样品数。

雄松区(三岩)西剖面 11~19 组合的黑云斜长片麻岩(原划上泥盆统 D_3) 中 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 650 Ma; 26 组合中石榴子石白云斜长片麻岩的 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 1594 Ma; 雄松区南木协地区的下岩组背形构造西翼斜长角闪片麻岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 670 Ma; 盖玉乡附近原划寒武系、奥陶系阳起钠长片岩中 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 611 Ma。上述情况说明, 按数据的集中值, 可明显分为两组, 一组为以 Rb-Sr 等时线年龄为代表的 611~670 Ma 年龄值, 另一组为以 Sm-Nd 等时线年龄为代表的 1600 Ma 左右的年龄值。前者大致相当于澄江运动的时间。因样品采均自变质岩中, 这组年龄值大体反映距今 700 Ma 左右的澄江运动在本区强烈影响的结果, 应是变质年龄。而 1600 Ma 的 Sm-Nd 年龄值成线性好, 且 Sm、Nd 元素抗变质作用能力较强, 可作为雄松群的成岩年龄。从区域上看, 向南于哀牢山群中也有一组 1600 Ma 的同位素年龄(周详等, 1985)^[1], 向北北西方向, 在雄松群自然北延的邓柯一带片麻岩中已获有锆石单矿物 U-Pb 一致曲线法年龄 1870 Ma, 侵入于片麻岩的花岗岩为 1780 Ma 和 1680 Ma。这一年龄值在三江地区具有很好的代表性, 因而我们取 1600 Ma 年龄值作为雄松群成岩时代的上界, 是比较可靠的。

4 地质构造意义

雄松群具有深、浅层次的多次形变特征,与川中、鄂西、黔北等地的变质地层可对比,应是扬子板块结晶基底的一部分。

以金沙江逆深断裂为脊轴。西侧雄松群发育红柱石-堇青石组合的高温低压变质带;东侧志留纪地层中出现数百米宽的蓝闪石-黑硬绿泥石组合的低温高压变质带。各自形成于不同的地质构造环境,向东南延伸可能与哀牢山双变质带连通。印支晚期金沙江逆深断裂东侧相当海沟部位,堆积了厚逾千米的混杂岩,在上三叠统中,混有含晚古生代珊瑚、筴类化石(*Caninophyllum* sp., *Parafusulina yunnanica* Sheng, *Neoschmagerina* sp., *Fusulinella* sp. 等)的灰岩岩块。

上述资料对“三江”地区的地质构造演化和金沙江接合带性质的研究,具有深远的意义。

由于时间仓促,文中谬误之处敬请读者不吝指教。在成文过程中,得到了于文杰、张显廷等高级工程师的热情帮助和指导,并给予认真的审阅,提出修改意见。本文是集体劳动的成果。文中插图由张凤和杨燕清绘。

参 考 文 献

- [1] 周详等. 西藏高原古板块构造及地壳演化特点. 西藏地质, 1985 (1): 33 ~ 43.

火成岩分类命名、系列划分、构造环境 判别图解的使用和问题*

摘 要:通过对火成岩岩石分类命名、系列划分、构造环境判别常用图解,常常出现误判的分析研究,提出对一组样品处理和使用时应遵循的原则和顺序为:对样品进行筛选和分组,并确定样品的新鲜程度→对样品分析数据进行修正→选择图解和确定图解的使用顺序→分析和研究图解中划分岩石类型、系列、环境的分界线问题→注意图解转绘过程中的人为误差问题。通过对图解中划分岩石类型、系列、环境的分界线问题的研究,提出了图解分界线两侧分布有一个“过渡区间”的概念,凡是投点于过渡区间的样品均应作不确定处理。

关键词:常用岩石图解;误判;过渡区间;投图顺序

火成岩岩石学研究中对岩石的分类命名、系列划分、构造环境判别的各类图解不下几十种,而图解是研究工作中常用的方法之一。但如何从众多的图解中选择出适合自己研究区的图解并合理地使用,在岩石工作中是极为重要的,使用不当往往会造成前后图解相互矛盾、结论与地质证据不符,甚至得出错误的判断。

笔者根据近几年实际工作中遇到的问题,就有关图解的使用方法和应注意的问题谈点粗浅认识,疏漏和不当之处,恳请同仁批评指正。

1 投图前的准备工作

拿到一组样品的分析数据后,首先要进行筛选和分组。因为每一个判别图,都有它的边界条件和使用范围。例如,玄武岩判别图,它仅适用于淬冷的熔岩,如玄武岩、辉绿岩。而对火山碎屑岩和凝灰岩类则由于可能混有沉积物或物源不清的物质而失去判别能力。再者,由于岩浆的结晶分离作用会使某些元素的丰度和比值发生变化,所以对于斑晶、气孔或杏仁含量多的玄武岩要慎重使用。此外,有的文章把超基性、基性、中性和酸性的熔岩、深成岩、堆晶岩甚至变质岩全投在某一种图解中,这是一种错误的作法,应尽力避免。

样品的新鲜程度也影响投图的准确性。例如,火山岩分类命名的 TAS 图(图 1),适用的新鲜岩石的化学标准是样品分析中 $w(\text{H}_2\text{O}) < 2\%$, $w(\text{CO}_2) < 0.5\%$,不新鲜的岩石受蚀变和变质作用,会使一些对次生作用特别敏感的元素(如 K 等)发生逸失,从而造成岩类、系列划分上的错误,使碱性岩石误投到亚碱性岩石区,或者使钾质岩石误判为钠质岩石。对此可利用不相容元素的对元素相关性(如 K/Zr 、 Ti/Zr 比值)判别。如果对元素的相关系数高,则表明岩石未受蚀变作用影响,反之则岩石已有元素的带出或带入。

* 本文原刊《青海地质科技情报》1993 年第 2 期第 33~37 页。

所起作用不大,应做不肯定处理为宜。

最后是图解转绘过程中的误差问题。岩石工作者在引用各种图解的再制作过程中,任意的放大或缩小所造成的人为误差,往往使原始图解的精度大大降低,甚至产生歪曲,从而得出各种不合理的或自相矛盾的、甚至错误的结论。这就需注意寻找原始图解或者是掌握建立图解时的界线坐标,以免导出不必要的差错。

2 火成岩岩石化学图解的使用

2.1 TAS 图解

该图解即为 $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\% - w(\text{SiO}_2)/\%$ 哈克图解,后被 Le Maitre (1984) 称为 TAS 图解。1989 年第 28 届国际地质大会推荐为火山岩分类最新方案。如果将利用 $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\% - w(\text{SiO}_2)/\%$ 参数划分岩石系列的界线也投入此图中, TAS 图即为划分岩类和岩石系列的双重图解。对该图解的使用应注意下列问题。

(1) 所有的火山岩化学分析结果,必须去掉 $w(\text{H}_2\text{O})$ 、 $w(\text{CO}_2)$ 之后再重新计算为 100%。

(2) 因在 TAS 图中粗面岩和粗面英安岩,碱玄岩和碧玄岩的区别,均需要标准矿物 q 、 ol , 因此必须计算标准矿物 (CIPW 法), 在计算标准矿物前还必须调整火山岩中 Fe_2O_3 、 FeO 的含量。

(3) TAS 图只适用于一般常见的火山岩, 即 $w(\text{MgO}) < 8\%$ 的岩石。 $w(\text{MgO}) > 8\%$ 属高镁火山岩类, 应剔除, 依据 $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 、 $w(\text{Ti}_2\text{O})$ 和 $w(\text{Si}_2\text{O})$ 含量进行分类。

(4) TAS 图是以本图为主的分类命名体系, 因而还需有 CIPW 的标准矿物数值及其他图表补充, 才能更好地确定火山岩的名称。

(5) 图解中对钾质岩石 (如白榴石质火山岩与金伯利岩等)、玄武岩类的分类命名尚不够深入、系统。在 TAS 图上副长岩的成分范围尚不够完善。

(6) 火山岩系列的判定, 对落在过渡区内的岩石应持慎重态度, 应进一步根据 $w(\text{K}_2\text{O})$ 在 $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ 图 (图 2) 中判定。

2.2 AFM 图解

一般来讲, TAS 图只能区别碱性系列与次碱性系列岩石。而 AFM 图则可把次碱性系列岩石进一步分为钙碱系列和拉斑系列。但是划分钙碱系列与拉斑系列的分界线却因不同作者所研究的地区不同而差别较大 (图 3)。例如, Kuno (1968) 以日本火山岩为基础建立的系列分界线比 Irvine (1971) 建立的分界线所圈定的拉斑系列范围要小, 特别在 F—M 连线侧, 差别十分明显。因此使用该图解时首先应了解建立分界线的背景资料, 注明作者。另外, 图解中钙碱系列和拉斑玄武岩系列并不代表 2 个截然分开的无联系的岩浆演化趋势, 而是代表了 2 个人为限定的连续变化和不同趋势的划分。因此, 对有不同碱含量的岩石应分别对待, 即在使用该图解前, 应先用 TAS 图解剔除那些高碱岩石, 否则会导致错误的结论。

2.3 Jensen 图解

为划分高镁火山岩和科马提岩的常用图解, 也可用于划分拉斑系列和钙碱系列。图解