

川西炉霍二叠纪—三叠纪古裂谷的识别 及其地质演化

王小春

中国科学院地球化学研究所, 贵阳, 550002; 西南冶金矿产勘查开发院, 成都, 610051

内容提要 本文根据边界断裂的控相特征、区内代表深成构造活动的层状堆晶基性—超基性岩的产出、二叠纪—三叠纪海底拉斑玄武岩的喷溢活动特征、巨厚的浊积岩建造和混杂式建造的共生以及地球物理特征, 认为松潘—甘孜地块内部存在炉霍海底裂谷。炉霍裂谷二叠纪—三叠纪经历了初始裂陷、沉积—拗陷、高度裂陷至萎缩消亡的4个阶段。裂谷封闭后, 在逆冲挤压造山环境中, 形成以I型为主的中酸性侵入体, 区域构造应力场经历了燕山早期近WSW—ENE向挤压, 燕山晚期近NNW—SSE向挤压至喜马拉雅期近NE—SW向挤压的演化。

关键词 古裂谷 地质演化 川西

二叠纪以来, 在欧亚大陆板块与印度板块相接的中国西南部, 经过多期开合作用, 形成一系列的特提斯构造带和青藏高原。在古特提斯洋东段北部, 由扬子板块西缘分离出来的松潘—甘孜地块中, 已鉴别出金沙江古板块俯冲带、白玉—义敦岛弧和甘孜—理塘海底扩张带(大洋裂谷)等构造成分(邓康龄等, 1960; 张勤文, 1981; 黄汲清等, 1987; 侯立玮等, 1991; 四川省地矿局, 1991; 许志琴等, 1992; 杨逢清等, 1994; 郑明华等, 1994)。本文通过断裂构造、沉积建造、岩浆作用和地球物理等方面的特征, 确定一个新的构造成分——炉霍裂谷。

1 炉霍古裂谷的识别

炉霍古裂谷的南西界为定曲—加吉弄—确索断裂(F_1), 北东界为西玛利多—色达断裂(F_9), 其北西、南东界尚不甚明晰。但是, 北西起于色达郎波至南东道孚葛卡一段, 裂谷特征比较明显, 南东可能延至康定(图1), 其长至少200 km, 宽15~50 km。区内地层属巴颜喀拉—秦岭地层区马尔康分区的雅江小区, 西玛利多—色达断裂北东侧属马尔康分区金川小区, 甘孜—理塘断裂(F_{10})南西侧为义敦—中甸分区。以定曲—加吉弄—确索断裂为界, 雅江小区可分为北东侧的炉霍相带和南西侧的雅江相带。雅江小区内地层出露总厚度为9344~18978 m。上二叠统及下三叠统主要沿丘洛断裂(F_4)展布。中、上三叠统出露范围广大。上二叠统与下三叠统之间、上三叠统如年各组与两河口组之间呈平行不整合关系, 其余地层间均为整合关系。各地层单元的岩性组成如图2所示。

1.1 边界断裂特征

边界断裂均为控相断裂。北东侧的西玛利多—色达断裂走向 $325\sim 330^\circ$, 向南西陡倾, 为北东侧金川地层小区(I_2)和南西侧雅江地层小区(I_1)的分界断裂(图1)。金川小区缺失比晚三叠世早期卡尼阶更高层位的生物化石, 而雅江小区晚三叠世中期诺利期的生物化石却不乏

注: 本文为国家攀登预选项目(编号95-预-25)和中国科学院重大科研项目(编号KZ951-131-141)成果。
本文1999年2月收到, 10月改回, 任希飞编辑。

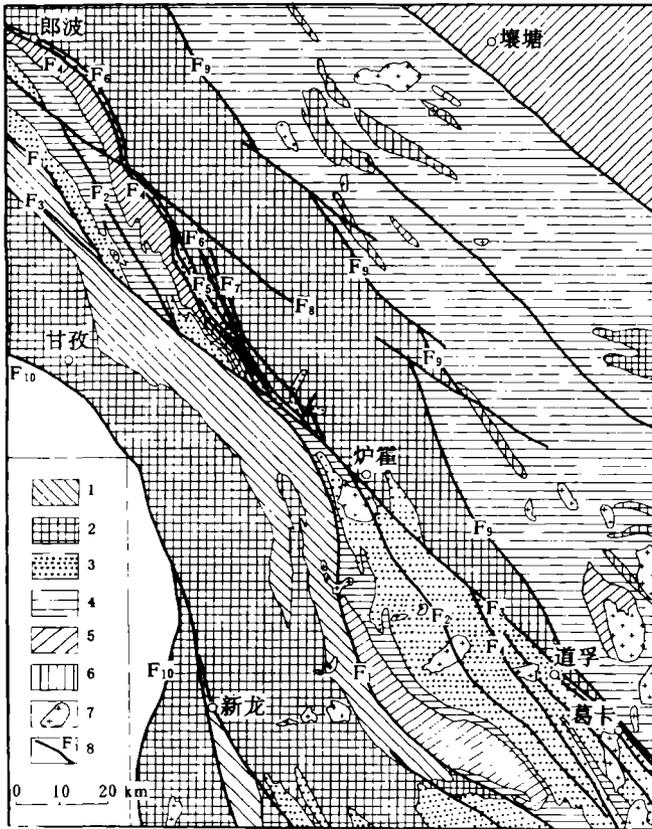


图1 炉霍古裂谷及邻区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Luhuo paleorift and adjacent region

1—上三叠统雅江组; 2—上三叠统两河口组; 3—上三叠统如年各组; 4—上三叠统侏倭组; 5—中三叠统杂谷脑组; 6—下三叠统菠茨沟组—上二叠统; 7—燕山期中酸性侵入岩; 8—断裂及编号: F₁—定曲—加吉弄—确索断裂, F₂—瓦达沟—陡日沟断裂, F₃—鲜水河断裂, F₄—丘洛断裂, F₅—拉普—格底村断裂, F₆—然充—然达断裂, F₇—日格柯断裂, F₈—然充寺断裂, F₉—西玛利多—色达断裂, F₁₀—甘孜—理塘断裂
1—Upper Triassic Yajiang Formation; 2—Upper Triassic Lianghekou Formation; 3—Upper Triassic Runiange Formation; 4—Upper Triassic Zhuwo Formation; 5—Middle Triassic Zagunao Formation; 6—Lower Triassic Bociqiu Formation—Upper Permian; 7—Yanshanian intermediate—acid intrusive rock; 8—fault and its number: F₁—Dingqu—Jiajinong—Quesuo fault, F₂—Wadagou—Dourigou fault, F₃—Xianshuihe fault, F₄—Qiluluo fault, F₅—Lapu—Gedicun fault, F₆—Ranchong—Randa fault, F₇—Rigeke fault, F₈—Ranchongsi fault, F₉—Ximaliduo—Sertar fault, F₁₀—Garze—Litang fault

玄武岩。与不同构造环境的拉斑玄武岩(武汉地质学院, 1980)对比显示, 其相似于洋底玄武岩。由微量元素的 Zr/Y-Ti-Y 图解(Pearce et al., 1977)判定显示板缘特征。结合玄武岩广泛发育的枕状构造, 甘孜东谷、道孚苦橄岩和单辉橄岩的稀土配分曲线显示堆积岩的特点, 表明玄

分布。南西侧的定曲—加吉弄—确索断裂(F₁)走向 330~335°, 倾向北东, 被鲜水河断裂于炉霍且都附近反扭错为两段, 系雅江小区内北东侧炉霍相带与南西侧雅江相带的分界断裂。炉霍相带不但发育三叠系碎屑复理石建造(杂砂岩夹板岩), 而且发育一套以上三叠统如年各组为代表的基性火山岩和灰质角砾岩沉积, 但缺乏雅江组地层; 雅江相带发育雅江组碎屑复理石建造(钙质石英砂岩、长石砂岩、长石石英砂岩夹粉砂质板岩), 但上三叠统缺乏基性火山喷发沉积和灰质角砾岩。

裂谷内 NNW 向断裂发育, 它们在海西晚期—印支期表现为切割整个岩石圈的断裂, 致使幔源岩浆喷溢(发)。边缘断裂向内倾, 构成地堑式海盆。裂谷发育期间(晚二叠世—晚三叠世中期诺利期)显示的张性特征, 体现为代表裂谷深成构造特点的层状堆晶超基性岩和基性岩, 二叠纪—三叠纪的海底玄武岩以及巨厚的滑塌角砾岩和浊积岩共生的现象。炉霍裂谷所见的褶皱、冲断等明显的压扭性特征乃是裂谷强烈挤压改造的结果(许志琴等, 1992)。此乃古裂谷中常见的先张后压的双重构造特征。

1.2 岩浆作用

本区发育一条主要产于晚二叠世和晚三叠世地层中的火山岩带。晚二叠世火山岩早期为橄榄玄武岩, 晚期为玄武质火山角砾岩和凝灰岩。据基性火山岩的化学成分(表 1), 由 AFM 图解(图 3)判定为拉斑

武岩及其底部的超基性岩当为蛇绿岩套的成分(四川省地质局, 1991),可能属弧后边缘海扩张形成的初始洋壳碎片。

晚三叠世火山岩发育于火山混杂式建造中。主要为玄武岩、基性火山角砾岩和凝灰岩等,具杏仁状、枕状和球粒状构造,斑状、间隐及球颗结构。与含放射虫硅质岩(侯立玮等,1991)、同生构造沉积角砾岩和复理石碎屑岩等共生,并发育较多的呈岩瘤和岩脉状产出的超基性、基性侵入岩。玄武岩的岩石化学数据如表 2 所示。在 AFM 图(图 4)中,除 No. 3 落在钙碱性玄武岩区外,其余样品均落在拉斑玄武岩区。在 $FeO^*-MgO-Al_2O_3$ 图(Pearce et al., 1977)(图 5)上,除 No. 1、5 分别落在扩张性中央岛和大洋岛外,余者均落在洋中脊(洋底)区。

晚三叠世如年各组火山岩的微量元素成分如表 3 所示。与不同环境的微量元素组成对比(Pearce et al., 1973),其显示低钾拉斑玄武岩的特征(表 3)。绝大部分样品在相关图解如 $Ti/100-Zr-Y \times 3$ 图、 $Ti/100-Zr-Sr$ 图、 $Zr/Y-Zr$ 图和 $Ti-Zr$ 图等中的投点位于洋中脊玄武岩区及其与火山弧玄武岩区的重叠区域内^①,为非板内构造环境的产物。此外,与火山岩相伴的基性—超基性岩在 $FeO^*-MgO-Al_2O_3$ 图解的投点位于大陆、大洋岛和洋中脊(洋底)3 个区间(图 6),其演化径迹反映出由陆壳裂陷向洋壳裂陷发展的过程。

1.3 沉积作用

裂谷盆地的沉积作用以三叠系为代表。早三叠世蓓茨沟组为强烈非补偿性的深水相碳酸盐岩—硅质岩—泥岩沉积,由紫红色、灰色微晶—泥晶灰岩、硅泥质岩和粉砂质泥岩组成,含放射虫及海绵骨针(侯立玮等,1991)。同生构造沉积的灰质角砾岩发育,显示裂谷盆地初始裂陷

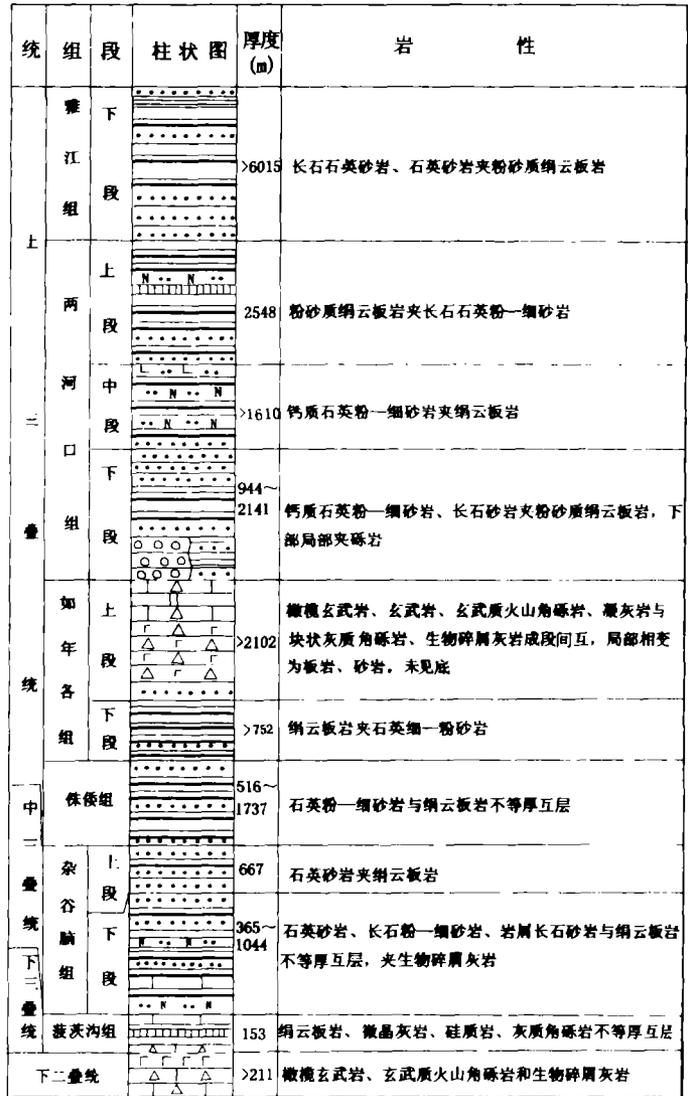


图 2 炉霍—道孚地区地层柱状图

Fig. 2 Strata column for the Luhuo—Dawu region

① 王小春, 1995. 裂谷作用与微细浸染型金矿床. 成都理工学院博士学位论文.

一拗陷的沉积特征。中、晚三叠世发育浊积岩、火山岩、滑塌沉积岩和深海硅质岩,与裂谷两侧的地层有所区别。通过物源区及浊流流向的分析显示流向的多向性,物源可能主要来自北东侧的龙门山古隆起和南西侧的义敦岛弧。巨大的沉积厚度(>2 km)和沉积速度以及低的成分和结构成熟度,显示出裂谷的沉积特征。

表 1 海西期基性火山岩的化学成分(%)

Table 1 Chemical composition of Variscan basic volcanic rocks

样号	岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	灼失
日辅(4)GS ₁	橄榄玄武岩	40.42	0.75	11.60	1.52	8.38	0.10	9.04	10.59	2.64	0	0.12	14.11
日辅(6)GS ₁	玄武质凝灰岩	36.10	0.63	9.74	1.17	6.22	0.10	2.88	20.86	1.11	1.26	0	19.12
日P(21)GS ₁	橄榄玄武岩	40.60	0.90	13.93	1.94	8.61	0.12	9.79	7.34	7.34	1.84	0.50	2.81

注:资料来源自四川省区调队,1981。

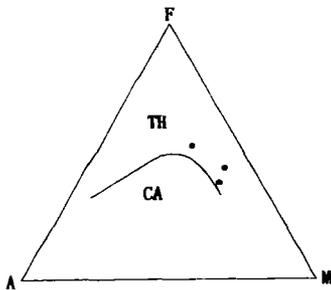


图 3 晚二叠世玄武岩的 AFM 图解

Fig. 3 AFM plot for Late Permian basalt

TH—拉斑玄武岩; CA—钙碱性玄武岩
TH—Tholeiite; CA—calc-alkaline basalt

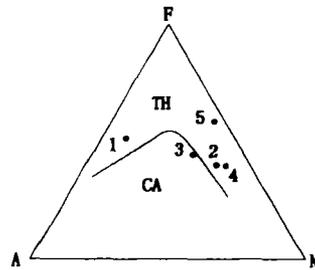


图 4 晚三叠世玄武岩的 AFM 图解

Fig. 4 AFM plot for Late Triassic basalt

TH—拉斑玄武岩; CA—钙碱性玄武岩;图中序号同表 2
TH—Tholeiite; CA—calc-alkaline basalt; Numbers correspond to those in Table 2

表 2 炉霍古裂谷上三叠统火山岩的化学成分(%)

Table 2 Chemical composition of Upper Triassic volcanic rocks in the Luhuo paleorift (%)

No.	样号	岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	灼失
1	Q013	玄武岩	48.01	0.98	14.02	8.48	1.33	0.11	1.18	8.85	6.44	1.04	0.88	1.49	7.85
2	Q263	蚀变玄武岩	46.95	0.52	12.68	3.13	6.52	0.13	10.79	10.49	3.10	0.12	0.03	2.74	4.79
3	HQ90-3	球粒玄武岩	45.72	0.57	11.60	4.48	5.16	0.19	11.10	9.15	1.45	0.76	0.05	3.78	4.49
4	HQ90-6	玄武岩	41.64	0.80	12.08	3.77	7.30	0.10	14.23	8.93	2.47	0.30	0.07	4.04	5.86
5	B47	玄武岩	47.41	1.58	9.68	6.52	4.74	0.24	7.15	17.45	0.95	0.01	1.00	3.24	

注:除样号 Q013 采于炉霍巨都外,余者均采于甘孜普弄巴。

1.4 地球物理特征

据航磁测定资料(蔡振京,1984),炉霍深断裂是松潘—甘孜平静磁场区中道孚—孜河升高、平缓磁场亚区与称多—道孚平静磁场亚区的分界线。磁场呈局部小异常线性排列,可能为沿古裂谷分布的超基性岩的特征显示。

综上所述,可以认为炉霍裂谷是在扬子型基底的基础上发育的二叠纪—三叠纪海底裂谷。

2 炉霍古裂谷的地质演化

综合构造活动、沉积建造、火山作用和岩浆侵入等方面的重要特征,可将炉霍古裂谷发生、发展和消亡的历史划分为 4 个阶段:① 初始裂陷阶段(晚二叠世);沿裂谷边界断裂,即加吉弄

一确索断裂和色达断裂最早产生拉张裂隙,形成碳酸盐岩建造、碎屑岩建造和拉斑玄武质火山岩建造,并有层状堆晶基性—超基性岩的侵入;② 沉积—拗陷阶段:形成包括下三叠统至上三叠统如年各组下段之间的地层,该阶段早期区域构造表现为同步拗陷,发育深海碳硅泥建造、混杂式建造。随着拉张作用的加强,裂谷地形变陡,继之发育浊积岩建造;③ 高度裂陷阶段:主要形成上三叠统如年各组上段地层,该阶段沿裂谷 NNW 向主断裂发生强烈的张裂活动和差异升降活动,地层岩性复杂,相变大,显示火山混杂式建造的特征;④ 萎缩消亡阶段:晚三叠世诺利期,裂谷发育碎屑流沉积,其砂岩成熟度逐渐降低,具逆韵律层理,显示地壳上升、海退沉积、裂谷逐渐消亡的特点(图 7)。

裂谷封闭后,因印度板块在燕山—喜马拉雅期向北偏东方向的俯冲,东部太平洋板块自东向西的俯冲作用加强,而中朝板块在前两者的运动中表现出明显的阻挡作用,致使包括炉霍裂谷在内的松潘—甘孜地块处于被挤压状态,具有逆冲挤压造山的特点(高质彬等, 1992)。在此环境中,发育燕山期中酸性侵入岩。由岩石的主矿物和副矿物组成,岩石化学成分、ANKC 值 (0.71 ~

表 3 上三叠统如年各组上段玄武岩的微量元素($\times 10^{-6}$)及其构造环境

Table 3 Trace elements ($\times 10^{-6}$) of Upper Triassic basalts and their tectonic environment

产地	样数	Ti	Zr	Y	Sr	推测的岩类性质
甘孜普弄巴	16	—	29.28	14.19	167.13	LKT、OFB
甘孜丘洛	1	4500	50	15	100	LKT、OFB
炉霍根达	14	3607.14	81.79	18.79	292.86	LKT、OFB
炉霍日拉	2	5750	82.5	12.5	—	LKT
炉霍格底	11	2027.27	15.64	10	272.73	LKT
炉霍阔玛古	2	3250	25	10	100	LKT、OFB
炉霍 55 道班	14	2532.14	30.36	12.29	122.86	LKT、OFB
炉霍兵站	2	3250	20	10	100	LKT
道孚三公里	24	5020.83	57.29	17.83	212.5	LKT
炉霍裂谷区	86	3682.14	45.24	14.88	203.50	LKT

注:LKT—低钾拉斑玄武岩; OFB—洋底玄武岩。

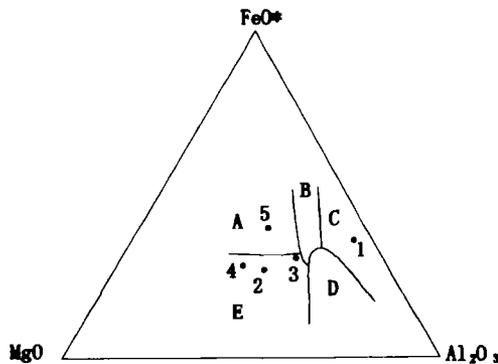


图 5 晚三叠世玄武岩的 FeO*-MgO-Al₂O₃ 图解

Fig. 5 The plot of FeO*-MgO-Al₂O₃ for Late Triassic basalts

A—大洋岛; B—大陆; C—扩张性中央岛; D—造山带; E—洋中脊(洋底);图中序号同表 2

A—Oceanic island; B—continent; C—extensional central island; D—orogenic belt; E—mid-ocean ridge (ocean floor); Numbers correspond to those in Table 2

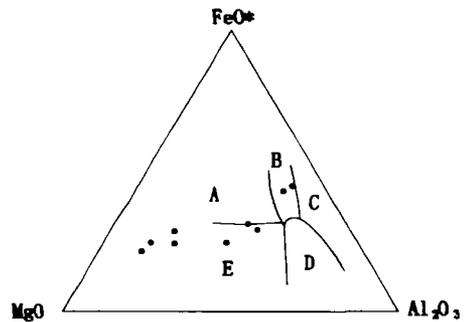


图 6 炉霍古裂谷印支期基性超基性侵入岩的 FeO*-MgO-Al₂O₃ 图解

Fig. 6 The plot of FeO*-MgO-Al₂O₃ for Indosinian basic-ultrabasic intrusive rocks in the Luhuo paleorift

A—大洋岛; B—大陆; C—扩张性中央岛; D—造山带; E—洋中脊(洋底)

A—Oceanic island; B—continent; C—extensional central island; D—orogenic belt; E—mid-ocean ridge (ocean floor)

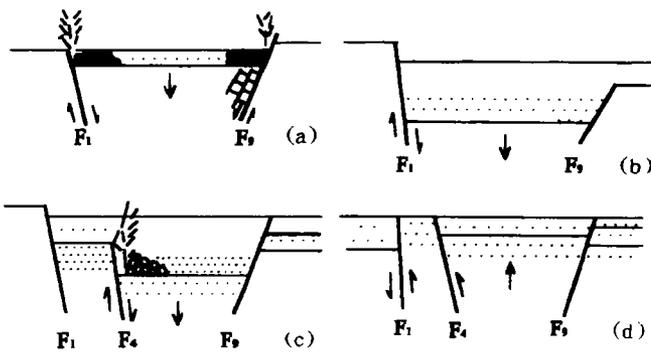


图7 川西炉霍古裂谷的演化模式图

Fig. 7 Evolution model of the Luhuo paleorift in western Sichuan
 F_1 —加吉弄—确索断裂; F_2 —色达断裂; F_3 —丘洛断裂; A—初始裂陷阶段; B—沉积—拗陷阶段; C—高度裂陷阶段; D—萎缩消亡阶段

F_1 —Jiajinong—Quesuo faule; F_2 —Sertar fault; F_3 —Qiuluo fault; A—primary rifting stage; B—depositional depression stage; C—intense rifting stage; D—withering stage

0.952)及其在相关图解诸如(Al-Na-K)-Ca-($Fe^{2+} + Mg$)图、ACF图和 $\log r - \log \delta$ 图解等的投点分析说明,燕山期中酸性侵入岩为陆内挤压造山带环境中形成的、以I型为主的壳幔混染型岩石。

根据区内大量的挤压构造劈理所恢复的燕山早期应力场为近WSW—ENE向挤压,形成规模较大的NNW向的复式褶皱,且裂谷期NNW向的同沉积纵张断裂的力学性质转化为压扭性逆冲断裂。

利用区内叠加于挤压劈理之上的大量共轭剪节理恢复的燕山晚期应力场为近NNW—SSE向挤压,形成规模不大的近NE向的断裂和褶皱。

皱。

由本区现代地震点地应力解除法结果和水平形变特征及地裂缝应力分析结果显示,喜马拉雅期应力场以NE—SW向挤压所致的左行平移为主,形成鲜水河大型平移剪切带,两盘地层错移长达40~50 km。由左形平移形成的直立劈理、水平拉伸线理、“A”型剪切褶皱及糜棱岩带等韧性平移剪切应变现象均很明显(许志琴等,1992)。

参 考 文 献

- 蔡振京. 1984. 藏东川西青东南地区航磁与区域地质构造关系. 青藏高原地质文集(15). 北京:地质出版社.
- 邓康龄,蔡建中,陈在雄. 1960. 甘孜地区地质的初步认识. 地质论评,20(4):172~176.
- 高质彬,王小春. 1992. 燕山—喜马拉雅旋回在中国内生金矿成矿中的重要意义及其原因探讨. 矿床地质,11(2):97~105.
- 黄汲清等. 1987. 中国及邻区特提斯海的演化. 北京:地质出版社.
- 侯立玮等. 1991. 川西藏东地区三叠系沉积—构造演化. 北京:地质出版社.
- 四川省地质局. 1991. 四川省区域地质志. 北京:地质出版社.
- 武汉地质学院. 1980. 岩浆岩岩石学. 北京:地质出版社.
- 许志琴,侯立玮,王宗秀等. 1992. 中国松潘—甘孜造山带的造山过程. 北京:地质出版社,1~190.
- 杨逢清,殷鸿福,杨恒书等. 1994. 松潘甘孜地块与秦岭褶皱带、扬子地台的关系及其发展史. 地质学报,68(3):208~218.
- 张勤文. 1981. 松潘—甘孜印支地槽西康群复理石建造沉积特征及其大地构造背景. 地质论评,27(5):404~412.
- 郑明华等. 1994. 喷流型与浊流型层控金矿床. 成都:四川科学技术出版社.
- Pearce J A, Cann J R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. Earth & Planetary Science Letters,19:290~300.
- Pearce T H, et al. 1977. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. Earth & planetary Science Letters,36:121~132.

作 者 简 介

王小春,男,1965年生。分别于1985年、1988年和1995年于成都理工学院矿床学专业,获学士、硕士和博士学位。现为西南冶金矿产勘查开发院高级工程师,中国科学院地球化学研究所高级访问学者。主要从事矿床地质地球化学研究。通讯地址:550002,贵州省贵阳市观水路

73号,中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究室;电话:(0851)5829905—277(O);E-mail: ore@public1.gy.gz.cn;或610051,四川省成都市二仙桥,西南冶金矿产勘查开发院;电话:(028)3246300(O)。

On the Recognition of the Permian—Triassic Luhuo Paleorift in Western Sichuan and Its Geological Evolution

Wang Xiaochun

Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002;

Southwest Institute of Metallurgical Mineral Resources Exploration & Development, Chengdu, 610051

Abstract

The Luhuo palaeorift lies in the Garzê—Songpan massif. Its boundary faults, the Dingqu—Jiajinong—Quesuo fault and the Ximaliduo—Sertar fault, were reflected as faults cutting the lithosphere during the late Variscan and Indosinian periods. They dip NE and SW respectively, forming the graben—type sea basin. The stratified cumulus basic—ultrabasic intrusive bodies in the rift are the result of deep—seated tectonic intrusion. The Permian and Triassic volcanic rocks outcropping in the region are characteristic of seafloor (or mid—oceanic ridge) tholeiite as viewed from their occurrence, lithology and chemical composition. The Permian basalts and basic—ultrabasic rocks at the bottom of the Permian strata may be the constituents of ophiolite, which may be the primary oceanic crust formed by the spreading of the back—arc marginal sea. The chemical composition of basic—ultrabasic rocks associated with Triassic basalts reveals the tectonic evolution from continental rifting to oceanic rifting. The development of turbidite, volcanic rocks, olistostrome and deep—sea cherts with a considerable thickness is different from that of the adjacent region. The materials for deposition were mainly from the northeastern and southwestern directions, which supports the existence of the rift. The Luhuo belt is also the boundary between subregions of regional magnetic fields, in which linear magnetic anomalies are shown. It can be determined from the above that the Luhuo palaeorift is a Permian—Triassic seafloor rift developed on the Yangtze—type basement. It experienced the primary rifting stage (in the Late Permian), depositional depression stage (in the Early to Late Triassic), intense rifting stage (in the middle Late Triassic), and withering stage (in the late Late Triassic). After the closing of the rift, due to the interaction among the Indian plate, Pacific plate and Sino—Korean plate, the Songpan—Garzê massif including the Luhuo rift was in a depression environment, in which Yanshanian intermediate—acid intrusive rocks (chiefly the I—type) occurred. It can be known from analyses of the palaeostress that the stress field in the Luhuo rift changed from the nearly WSW—ENE compression in the early Yanshanian period through the nearly NNE—SSW compression in the late Yanshanian period to the nearly NE—SW compression in the Himalayan period.

Key words: rift; geological evolution; western Sichuan