DOI:10.19948/j.12-1471/P.2022.04.11

# 西藏羌塘长蛇山辉长岩岩石学、地球化学特征 及构造意义

#### 杨 虎1, 王根厚2, 李宏伟1, 罗 涛1

(1.中国地质调查局军民融合地质调查中心,成都 610036; 2.中国地质大学,北京 10083)

**摘 要:**本文采用岩石学、矿物学、地球化学和年代学等研究方法,并结合前人的研究成果,对西藏羌塘长蛇山地区北 西-南东向的辉长岩成因与构造背景进行了详细的分析,发现该区辉长岩产自陆壳环境,其岩浆演化过程中存在陆 壳物质的混染,这与长蛇山所在区域——玛依岗日地区内东西向基性侵入岩产出的洋中脊环境有所不同,进而推测 该研究区岩墙群形成于威尔逊旋回的萌芽阶段,形成于大陆伸展背景下的初始裂谷环境,对龙木错-双湖缝合带的 构造演化具有重要的制约作用,有助于深化对特提斯洋演化的认识。

关键字:羌塘;长蛇山;辉长岩;地球化学特征;构造意义

**中图分类号:** P588.124; P59 **文献标识码:** A

**文章编号:** 2097-0188(2022)04-0080-11

长蛇山地处西藏羌塘地块中部,行政区划隶属 尼玛县绒马乡。新中国成立后,大批科研机构和地 质工作者对差塘地区展开地质研究,在告山带地质 理论研究等基础地质方面取得重大进展。例如,邓 万明等印曾对茶布一双湖一线的超基性和基性岩浆 岩进行了初步的岩石地球化学分析,认为其不同于 一般的洋中脊基性岩,可能形成于板内裂谷环境,并 认为双湖一龙木错一线并不存在古特提斯的缝合 带,而是一条陆内裂谷;李才等[2-6]在1/25万玛依岗日 幅区调的基础上提出了龙木错——双湖为冈瓦纳大陆 与欧亚大陆间的一条古特提斯缝合带; Paul Kapp、 尹安等[7-8]认为,羌塘在晚古生代为统一地块,古特提 斯洋位于其北部的金沙江带,羌塘中部大面积分布 的变质岩具有变质核杂岩的性质。而后通过许多学 者(常承法<sup>[9]</sup>;邓希光<sup>[10-11]</sup>;李才等<sup>[12]</sup>;翟庆国等<sup>[13]</sup>;黄继 钧[14])的研究和地球物理资料的证实,现在普遍的观 点认为龙木错-双湖缝合带是一条晚古生代古特提 斯洋缝合带,同时在该带也发现了大量的蛇绿岩套 和各类脉岩出露。其中,翟庆国等对角木日地区的 基性岩,进行了系统的地球化学分析(李才等[15-16];翟 庆国等[17]),认为角木日地区的基性岩形成于洋中脊 或者准洋脊环境。

前人对龙木错一双湖一线出露脉岩的研究,基 本确定了角木日地区的基性岩形成于洋中脊或者准 洋脊环境,但针对双湖冈玛日地区的地质研究依然 较少,笔者通过对该地区长蛇山辉长辉绿岩的研究 和区域对比,认为北西-南东向的辉长辉绿岩形成于 大陆裂谷环境,与角木日东西向的基性岩所反映的 洋中脊环境有较大差别。同时,对于古特提斯洋的 宽度以及闭合时限等问题,地质学家仍有较大争论, 本文通过冈玛日长蛇山研究区的辉长辉绿岩的地球 化学和年代学的研究,也可为该问题的解决提供 依据。

### 1地质背景

研究区地处青藏高原羌塘盆地的腹地,为欧亚 大陆与冈瓦纳大陆的结合地带,李才<sup>[18]</sup>等通过区地质 调查和研究,认同了刘本培<sup>[19]</sup>对于该地区区域地质构 造的认识,即双湖缝合带以及昌宁—孟连缝合带两 者之间是相互连接的关系;并在此基础上,提出羌南 和羌北处于不同的地质环境。

王根厚等<sup>[20-25]</sup>通过对野外地质构造现象以及岩 性认识的划分,确定了龙木错一双湖缝合带的存在, 并通过填图确定了其具体分布,由此划分出羌南与

收稿日期:2021-04-02

资助项目:中国地质调查局项目"西藏1:5万幅双湖冈玛日地区区域地质调查(1212010818015)"。

作者简介:杨虎(1987-),男,硕士,毕业于中国地质大学(北京)构造地质学专业,现从事区矿调、自然资源勘查等有关工作, E-mail:936668188@qq.com。



图 1 研究区构造单元划分图(据王根厚(2012年)<sup>[20-22]</sup>) Fig.1 Division of tectonic units in the study area<sup>[20-22]</sup>

二个一级构造单元:I.羌北-昌都板块,属欧亚大陆构造域;II.羌南-保山板块,属冈瓦纳构造域;二个二级构造单元:I-1.羌北 地块;II-2.羌南增生杂岩带;六个三级构造单元:I-1-1.俄久卖糜棱岩化片麻岩;I-1-2.羌北晚二叠世-中三叠世、晚侏罗世沉 积地层;II-2-1.增生杂岩基质,片理化石英-石英、千枚岩;II-2-2.刚性洋岛岩块;II-2-3.高压变质带;II-2-4.中二叠世碳酸 盐岩岩层;N<sub>1-2</sub>一中新世一上新世陆相沉积。

差北两处不同的地质构造系统, 羌南属于一套增生 杂岩体系, 而羌北属于史密斯地层体系。据<sup>161</sup>地球物 理数据显示, 羌塘盆地的构造格局为"两坳夹一隆", 即冈玛错 - 戈木日--玛依岗日--双湖一系列条带为羌 塘盆地的"一隆", 区分隔了"两坳", 即北羌塘和南羌 塘坳陷。

区域内基性岩墙群发育,玛依岗日以西岩脉多 为北西-南东向,以东为东西向或近南北向。基性岩 墙的岩石类型与岩脉(体)的规模有关,规模大者多 为辉长岩,小型脉体以辉绿岩、石英辉绿岩为主。岩 墙侵入于上石炭统含冰海杂砾岩的砂板岩中,岩墙 对围岩没有明显的热蚀作用。

本文重点研究区域为长蛇山地区(图2),区内基 性侵入岩多为辉长岩,主要呈北西-南东向小岩脉产 出,笔者在4个地质点(Y001-Y004)采集了25件辉长 岩样品。

### 2分析测试方法

为保证数据质量,样品采集尽量选取新鲜岩块, 摒除一些表面风化较为严重的岩块。样品处理和测 试由河北省廊坊地质区调所实验室完成,主量、微量 及稀土分析使用的检测仪器主要有Axios<sup>mas</sup>X射线荧 光光谱仪,P1245电子分析天平,50 ml 滴定管,X Serise2等离子体质谱仪,光栅摄谱仪等,其中主量元 素是由X射线荧光光谱法(XRF)测得,而微量元素则 根据元素的不同分别使用X射线荧光谱法和等离子 体质谱法(ICP-MS)测定。

### 3岩石学特征

所采样品经河北廊坊区调所实验室鉴定,均为 蚀变辉长岩,辉长结构,局部嵌晶含长结构,块状构 造,主要矿物成分为斜长石、辉石、角闪石(图3)。斜



图2 长蛇山地区地质简图(改自王根厚等<sup>[23-25]</sup>) Fig.2 Sketch geological map of Changsheshan area (after Wang Genhou.et al.<sup>[23-25]</sup>) 1.辉长岩; 2.细砾岩; 3.千枚岩; 4.石英砂岩; 5.超基性岩; 6.龙格岩组; 7.推俯断层; 8.平移断层



图 3 长蛇山辉长岩 Y001~Y004 镜下显微照片 Fig.3 Microscopy of gabbro Y001~Y004 in Changsheshan

长石含量为60%左右,呈半自形板状、板条状,杂乱分布,局部似格架状,大小为0.2~1.8 mm,帝石化明显,局部绢云母化、高岭土化。辉石含量为35%左右,呈自形-半自形柱状,为单斜辉石,分布于斜长石间,大小0.05~2 mm,少绿泥石化,局部粒内及边缘嵌晶斜长石颗粒。角闪石含量大于5%,褐绿色,多分布于辉石边缘,大小为0.05~1 mm,绿泥石化,交代辉石。

## 4岩石地球化学特征

#### 4.1 主量元素地球化学特征

岩石化学分析结果见表1。辉长岩SiO<sub>2</sub>含量在 45.29%~50.32%之间,平均为47.19%;MgO含量变 化范围相对较大,介于6.22%~15.33%之间,平 均为11.02%;Mg<sup>#</sup>范围在53.89~72.24之间,平 均64.79,少部分(9组,总数25组)符合原生岩浆 范围(Mg<sup>#</sup>=68~75)<sup>[27]</sup>,说明本区域内侵入岩结 晶分异作用不强烈。TiO<sub>2</sub>含量在1.41%~ 2.27%之间,平均为1.84%,高于中国区域内辉 长岩(1.67%);Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量较高,在8.62%~ 14.45%之间,平均为11.24%,CaO含量较高,在 9.02%~13.11%之间,平均为11.02%。岩石中 全铁含量较高,平均值TFeO为10.35%,样品 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO比值均小于1,说明岩石在弱还原环 境下形成<sup>[28]</sup>;Na<sub>2</sub>O含量在1.10%~3.36%之间, 平均为1.72%;岩石中K<sub>2</sub>O含量为0.54%~ 1.68%之间,平均值为0.99%;全碱Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O,

含量为1.80%~4.16%,平均值为2.71;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的含 量较高介于0.11%~0.21%之间。MgO/(FeO+MgO) 的比值介于0.44~0.64之间,相对于原始地幔的 MgO/(FeO+MgO)比值(0.68~0.72)要低,说明其原 生岩浆与原始地幔有一定差别<sup>[29]</sup>,推测其在岩浆演化 过程中存在地壳物质的混染熔融。

在TAS图中(图4),本区样品均投在辉长岩区, 基本都属于拉斑玄武岩(亚碱性玄武岩)系列。在 FAM图解中,具有明显的拉斑系列演化趋势(图5)。

#### 4.2 微量元素地球化学特征

4.2.1稀土元素地球化学特征

稀土分析数据显示,辉长岩稀土元素质量分数

Sample	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	$P_2O_5$	$H_2O+$	H <sub>2</sub> O-	LOI	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Y001-1	47.49	10.10	1.70	1.24	8.54	12.75	11.84	0.79	1.49	0.191	0.151	2.88	0.20	3.50	99.79
Y001-2	47.15	9.53	1.68	1.44	8.47	13.11	12.36	0.70	1.35	0.185	0.147	2.84	0.22	3.66	99.78
Y001-3	47.63	10.15	1.73	1.39	8.69	11.92	11.80	0.98	1.45	0.198	0.163	2.96	0.29	3.69	99.79
Y001-4	47.48	8.76	1.47	1.25	8.72	12.23	14.07	0.61	1.19	0.191	0.135	2.79	0.20	3.64	99.77
Y001-5	47.64	8.62	1.42	1.75	8.07	12.38	14.08	0.69	1.16	0.184	0.132	2.94	0.27	3.64	99.76
Y001-6	47.62	10.86	1.76	1.51	8.46	12.55	10.65	0.98	1.55	0.194	0.151	2.69	0.28	3.49	99.78
Y002-1	47.91	9.70	1.46	1.41	9.01	9.02	14.70	0.98	1.57	0.264	0.145	2.56	0.26	3.55	99.73
Y002-2	46.96	9.52	1.41	1.86	8.97	9.45	15.33	1.36	1.18	0.202	0.145	2.39	0.18	3.31	99.69
Y002-3	48.11	10.42	1.52	1.69	8.35	10.70	12.37	0.97	1.77	0.209	0.144	2.92	0.18	3.51	99.76
Y002-4	47.19	10.84	1.69	1.49	8.86	10.11	12.49	1.33	1.41	0.236	0.170	3.20	0.30	3.91	99.73
Y002-5	46.25	11.23	2.27	1.84	9.55	11.78	10.44	0.94	1.57	0.226	0.118	2.84	0.31	3.55	99.77
Y002-6	46.36	9.86	1.51	1.82	8.46	12.33	13.47	0.88	1.10	0.205	0.108	0.19	0.30	3.65	99.74
Y002-7	47.88	12.34	1.78	1.57	8.85	10.53	9.61	1.35	2.10	0.249	0.146	2.59	0.27	3.29	99.71
Y002-8	46.24	10.04	1.70	1.96	8.42	12.51	12.84	0.54	1.37	0.194	0.125	3.27	0.20	3.84	99.77
Y002-9	45.29	11.89	1.98	1.85	9.50	11.76	10.80	0.96	1.49	0.196	0.113	3.28	0.21	3.98	99.79
Y002-10	47.11	12.61	1.90	2.32	8.25	11.77	8.59	1.12	1.98	0.295	0.164	3.06	0.29	3.69	99.80
Y003-1	47.11	12.40	2.18	2.34	8.89	10.43	9.29	1.16	2.02	0.200	0.209	2.79	0.30	3.51	99.74
Y003-2	47.00	12.79	2.14	1.86	9.07	10.48	9.08	1.13	2.21	0.204	0.202	2.81	0.26	3.58	99.75
Y003-3	48.04	13.41	2.18	1.74	8.63	11.57	7.13	0.75	2.39	0.193	0.194	2.98	0.20	3.63	99.86
Y004-1	50.32	13.62	2.02	2.24	7.51	9.66	6.62	0.80	3.36	0.175	0.186	2.68	0.17	3.33	99.85
Y004-2	46.61	11.40	2.00	1.29	9.70	11.06	10.85	1.05	1.52	0.194	0.194	3.00	0.16	3.91	99.78
Y004-3	45.83	13.29	2.15	1.43	9.77	10.61	9.10	0.94	2.28	0.193	0.200	3.44	0.23	4.02	99.81
Y004-4	46.55	11.53	2.01	1.55	9.47	11.06	10.53	1.00	1.68	0.197	0.178	3.27	0.24	4.04	99.79
Y004-5	46.87	14.45	2.23	2.06	8.97	10.40	7.10	1.68	2.09	0.191	0.179	2.79	0.19	3.62	99.84
Y004-6	46.99	11.74	2.01	1.74	9.13	10.86	10.31	1.09	1.69	0.194	0.187	3.23	0.23	3.85	99.79

A ¥001

表1 长蛇山辉长岩化学成分 Table1 Chemical composition of gabbro from changsheshan mountains

数据测试单位:河北廊坊区调所实验室





∑ REE=77.50×10<sup>6</sup>~144.14×10<sup>6</sup>,平均为105.34× 10<sup>6</sup>, LREE/HREE=4.16~5.85,平均值为4.99,轻重 稀土分馏较为明显,LREE富集,(La/Yb)<sub>N</sub>比值在3.75 ~6.48之间,平均为4.99,(Ce/Yb)<sub>N</sub>比值在3.34~5.32 之间,平均为4.39。与原生地幔岩浆相近的Mg<sup>#</sup>以及 较低的(Ce/Yb)<sub>N</sub>值,都一定程度上说明,该研究区内



图5 辉长岩FAM图 Fig.5 FAM diagram of gabbro

的结晶分异作用不甚强烈。

样品的δEu为0.92~1.11,平均为1.00,基本无铕 异常,说明基本无斜长石的分离结晶,基本偏向于原 生岩浆。

第45卷

						5								
Sample	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Но	Er	Tm	Yb	Lu
	µg/g	μg/g	µg∕g	μg/g	μg/g	µg/g	μg/g	µg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	µg∕g	μg/g
Y001-1	15.94	36.58	4.56	20.78	4.94	1.60	4.63	0.78	4.95	0.93	2.48	0.39	2.23	0.42
Y001-2	15.56	35.20	4.43	19.95	4.67	1.51	4.45	0.74	4.75	0.89	2.40	0.37	2.12	0.42
Y001-3	17.05	38.66	4.86	22.26	5.20	1.65	4.88	0.81	5.10	0.98	2.62	0.41	2.42	0.45
Y001-4	16.69	37.21	4.64	20.73	4.89	1.48	4.63	0.76	4.92	0.94	2.49	0.41	2.30	0.43
Y001-5	15.88	35.84	4.47	19.75	4.72	1.41	4.51	0.73	4.82	0.90	2.33	0.38	2.26	0.42
Y001-6	16.27	37.15	4.73	21.75	5.09	1.67	4.80	0.83	5.04	1.00	2.59	0.41	2.43	0.45
Y002-1	17.36	38.17	4.62	20.28	4.57	1.37	4.36	0.74	4.62	0.88	2.39	0.38	2.23	0.46
Y002-2	16.58	36.41	4.40	19.66	4.36	1.43	4.28	0.73	4.49	0.86	2.37	0.36	2.18	0.44
Y002-3	15.99	36.32	4.51	20.17	4.69	1.40	4.56	0.78	4.87	0.91	2.51	0.40	2.31	0.44
Y002-4	20.38	45.03	5.53	24.44	5.56	1.65	5.13	0.86	5.32	1.05	2.78	0.43	2.63	0.48
Y002-5	13.56	33.52	3.89	17.61	4.38	1.48	4.19	0.71	4.66	0.88	2.33	0.37	2.16	0.39
Y002-6	12.73	31.81	3.78	17.72	4.33	1.43	4.13	0.71	4.36	0.82	2.16	0.36	2.00	0.40
Y002-7	14.22	33.81	4.34	20.14	4.92	1.75	4.58	0.77	4.92	0.94	2.49	0.40	2.31	0.41
Y002-8	11.25	25.90	3.43	16.27	4.23	1.40	3.90	0.67	4.49	0.85	2.23	0.35	2.15	0.37
Y002-9	11.91	27.40	3.59	17.43	4.32	1.49	4.18	0.72	4.54	0.88	2.31	0.36	2.13	0.41
Y002-10	16.30	36.19	4.55	20.76	4.98	1.70	4.82	0.80	5.04	0.95	2.50	0.40	2.40	0.45
Y003-1	20.39	46.66	5.88	26.53	6.04	1.92	5.83	0.99	6.01	1.16	3.09	0.48	2.89	0.51
Y003-2	19.06	43.42	5.38	25.01	5.68	1.88	5.35	0.91	5.66	1.08	2.79	0.45	2.62	0.47
Y003-3	18.54	41.24	5.21	23.54	5.54	1.83	5.29	0.90	5.53	1.04	2.82	0.44	2.63	0.46
Y004-1	25.67	54.46	6.56	28.20	6.28	1.94	5.94	0.96	6.04	1.16	3.07	0.48	2.84	0.54
Y004-2	17.97	40.30	5.20	23.73	5.47	1.81	5.20	0.85	5.43	1.03	2.71	0.43	2.45	0.48
Y004-3	18.69	41.52	5.31	23.93	5.78	1.78	5.43	0.90	5.66	1.11	2.82	0.46	2.64	0.50
Y004-4	16.17	37.59	4.83	22.05	5.31	1.66	5.00	0.85	5.30	1.03	2.70	0.43	2.54	0.49
Y004-5	15.46	35.67	4.52	20.91	4.96	1.73	4.75	0.80	4.90	0.95	2.51	0.40	2.28	0.45
Y004-6	19.41	44.30	5.65	25.44	6.01	1.95	5.65	0.95	6.01	1.12	3.03	0.45	2.76	0.54

表 2 稀土地球化学数据 Tab.2 Rare earth geochemical data

数据测试单位:河北廊坊区调所实验室

在稀土配分模式图<sup>[47]</sup>上(图6),稀土曲线呈明显的右倾,表明轻稀土相对重稀土呈较强富集。

4.2.2不相容元素地球化学特征

前人研究表明,大多数基性熔岩由于受到地壳 混染等作用,具有 Nb、Ta、Ti 的负异常,这些可以作 为它们的判别因子来确定岩石产生的构造环境<sup>[32]</sup>。

研究区的辉长岩不相容元素(Cs、Ba、Hf、Ta、W、 Tl、Pb、Bi、Th、Ti、U)的分析结果见表3,结合微量元



素原始地幔标准化蛛网图<sup>[47]</sup>(图7),可以看出该区域 辉长岩 Nb 明显具有负异常,负的 Nb 异常是大陆地 壳的特征,同时也可能是地壳岩石对岩浆的混染作 用,这点结论与之前的结论相一致。

大离子亲石元素(LILE)Rb、Ba等较富集,高场 强元素(HFSE)Hf、Th、Ta相对较为富集,不相容元素 Nb亏损。由表中微量元素计算可知,研究区辉长岩 的Nb/La<1,表明其基性熔岩遭受到了比较强烈的地 壳混染作用<sup>[32]</sup>。



Sample	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	Nb	Mo
	µg/g	μg/g	μg/g	μg/g	µg/g	μg/g	µg/g	μg/g	μg/g	µg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	µg/g
Y001-1	27.45	0.64	30.41	210.3	916.1	45.4	167.9	36.2	70.7	13.71	21.0	209.7	123.3	10.66	0.84
Y001-2	30.40	0.79	35.90	243.9	1102	52.4	205.8	37.0	85.5	15.09	22.1	277.5	117.9	12.70	0.56
Y001-3	33.94	0.63	32.40	226.5	769.6	51.2	190.0	33.6	80.8	14.67	28.6	236.9	118.1	12.06	0.41
Y001-4	33.80	0.71	33.36	227.0	1097	57.4	275.1	34.0	85.0	13.41	21.0	292.4	102.1	11.16	0.80
Y001-5	36.36	0.89	35.01	231.8	1295	56.4	266.7	39.0	79.6	13.65	24.9	263.9	103.9	11.05	0.53
Y001-6	25.53	0.66	32.25	230.9	/31.6	46.6	160.8	47.9	84.3	15.45	31.7	276.0	129.0	14.08	0.69
Y002-1	34.12	1.43	25.62	191.1	1310	62.6	383.5	83.0	84.5	15.02	32.6	200.7	119.5	12.77	0.28
Y002-2	37.16	0.86	27.78	197.2	1544	70.5	500.2	105.5	97.7	14.77	53.8	196.0	97.7	11.93	0.47
Y002-3	35.80	0.91	32.39	218.6	1136	55.8	218.7	52.7	87.3	15.23	35.1	203.3	110.9	11.83	0.20
Y002-4	36.50	1.03	25.96	204.9	1082	51.9	238.6	54.2	92.4	15.20	49.7	210.4	126.6	14.56	0.39
Y002-5	36.03	0.79	32.54	291.7	/01./	54.7	162.9	50.6	104.4	16.19	31.0	312.1	101.5	13.24	0.37
Y002-6	35.55	0.55	30.42	193.5	1024	52.7	222.4	44.1	82.1	12.12	25.7	180.5	103.0	8.10	0.41
Y002-7	38.51	0.88	31.05	241.3	539.4	50.6	137.9	56.0	167.5	17.59	41.7	360.9	133.0	13.37	0.49
Y002-8	35.44	0.57	33.66	229.2	1063	58.2	231.9	45.3	90.7	14.39	16.8	236.8	104.3	10.43	0.43
Y002-9	31.87	0.53	32.25	259.6	725.7	53.3	155.0	28.6	99.2	15.17	32.5	215.9	94.7	10.49	0.25
Y002-10	25.68	0.62	28.86	224.0	397.6	56.8	317.7	94.5	83.9	17.83	42.3	209.5	120.9	12.56	0.60
Y003-1	39.78	0.99	28.15	238.5	529.2	50.4	208.8	52.1	110.9	18.76	33.7	385.6	1/2./	18.4/	0.65
Y003-2	38.43	1.21	27.19	238.5	538.2	46.5	1/2.0	49.2	105.2	18.06	33.9	284.4	154.4	17.18	0.6/
Y 003-3	31.22	1.15	20.14	255.2	1/7.0	40.4	94.0	44.4 54.9	109.5	20.20	23.3	221.2	14/.4	1/.15	0.74
Y 004-1	29.42	1.33	23.48	234.4	257.4	41./	104.0	54.8	98.9	20.05	27.0	251.0	220.5	19.70	0.59
Y 004-2 X004-2	43.07	0.77	27.45	231.8	545.5 400 1	53.8	104.1	05.2	105.1	1/.54	30.7	220.0	148.1	10.30	0.54
Y 004-3	42.81	0.99	30.09	207.0	499.1 549.7	52.5 40.2	184.1	52.5 52.4	102.2	19.18	33./ 20.1	238.3	154.9	18.05	0.40
Y004-4	37.09	0.79	20.92	210.5	348.7 71.0	49.5	230.7	32.4 20.2	102.5	10.42	54.6	194.5	120.7	14.24	0.48
1004-5 V004 WI 6	29.17	0.07	24.90	237.5	604.1	42.5	242.2	54.2	119.2	19.45	26.8	225.2	150.7	14.20	0.38
Sample	<u> </u>	<u> </u>	29.00 Ba	 	Ta					Th	<u> </u>	Δσ	<u>132.1</u> Sn	B	 
Sumple	ug/g	ц <u>е</u> /е	це/е	це/е	ug/g	цg/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	це/е	ug/g	ug/g	ug/g	це/е
Y001-1	0.07	1.81	261.9	3.73	0.95	0.35	0.24	3.30	0.02	2.89	0.59	0.03	4.5	14.3	10220
Y001-2	0.07	2.57	277.4	3.65	1.18	0.42	0.25	5.05	0.04	3.14	0.70	0.03	2.9	8.1	10071
Y001-3	0.07	4.53	364.6	3.75	1.09	0.37	0.37	2.97	0.04	3.26	0.66	0.04	3.1	8.3	10378
Y001-4	0.06	3.68	198.6	3.20	1.00	0.39	0.23	6.60	0.06	3.47	0.70	0.03	4.9	8.4	8837
Y001-5	0.06	3.76	286.0	3.38	1.05	0.41	0.29	4.44	0.04	3.61	0.77	0.04	3.3	13.7	8514
Y001-6	0.06	4.31	421.1	4.37	1.23	0.41	0.24	4.37	0.06	3.27	0.64	0.06	4.8	14.3	10567
Y002-1	0.06	2.71	380.7	3.57	1.13	0.53	0.41	5.64	0.10	4.50	0.85	0.08	3.8	35.2	8781
Y002-2	0.06	5.17	467.8	2.89	1.11	0.66	0.59	9.36	0.14	4.58	0.96	0.09	4.0	22.0	8425
Y002-3	0.06	1.95	480.0	3.54	1.11	0.49	0.33	5.55	0.06	4.64	0.85	0.08	2.4	8.5	9095
Y002-4	0.07	3.38	424.7	3.92	1.66	0.54	0.36	3.95	0.04	4.92	1.00	0.06	6.6	33.1	10140
Y002-5	0.07	2.05	626.4	3.27	1.41	0.45	0.28	6.04	0.08	3.21	0.56	0.06	1.6	16.9	13640
Y002-6	0.05	2.51	452.4	3.30	0.82	0.42	0.32	4.72	0.08	2.37	0.59	0.07	2.4	21.5	9055
Y002-7	0.07	3.48	1054	5.12	1.24	0.64	0.33	18.74	0.06	2.84	0.59	0.06	1.8	23.9	10663
Y002-8	0.07	1.58	384.1	3.33	0.98	0.38	0.17	4.02	0.04	2.53	0.57	0.05	2.7	19.6	10190
Y002-9	0.06	1.88	375.0	3.10	0.94	0.36	0.22	3.72	0.03	2.15	0.48	0.02	2.2	13.5	11892
Y002-10	0.07	1.53	474.4	3.86	1.11	0.56	0.41	8.43	0.07	3.02	0.69	0.12	1.5	29.2	11380
Y003-1	0.08	1.94	692.4	5.39	1.89	0.59	0.34	6.87	0.05	4.48	0.91	0.05	2.1	14.3	13048
Y003-2	0.08	1.84	701.6	5.01	1.53	0.57	0.25	7.20	0.06	4.52	0.90	0.04	2.0	14.6	12817
Y003-3	0.08	1.75	360.4	4.53	1.51	0.58	0.27	6.81	0.05	4.10	0.79	0.06	1.0	13.2	13042
Y004-1	0.07	1.79	333.3	6.77	1.92	0.77	0.13	6.13	0.04	7.17	1.44	0.04	2.3	14.2	12100
Y004-2	0.07	3.10	447.4	4.72	1.80	0.54	0.51	5.82	0.04	3.73	0.75	0.03	2.2	11.3	11988
Y004-3	0.10	2.10	354.8	4.56	1.54	0.64	0.20	6.90	0.05	3.83	0.80	0.03	2.5	14.4	12901
Y004-4	0.07	2.07	417.9	4.72	1.27	0.47	0.19	4.05	0.04	3.34	0.72	0.04	5.5	17.2	12054
Y004-5	0.08	3.21	448.5	4.15	1.84	0.75	0.28	3.93	0.03	3.27	0.72	0.02	1.4	21.2	13356
Y004-6	0.07	2.09	503.7	5.13	1.41	0.47	0.21	5.16	0.04	3.99	0.81	0.05	2.2	10.7	12050

表3 微量元素地球化学数据 Table 3 Geochemical data of trace elements

数据测试单位:河北廊坊区调所实验室

将本区辉长岩与典型环境不相容元素比值特征 做对比(表4),本区的辉长岩与大陆壳成分各不相容 元素的比值最为相近,由此可以推断本区辉长岩产 自陆壳环境。

## 5讨论

#### 5.1 构造环境分析

由于地壳混染作用对于岩石中Zr和Y的含量影

响不大,所以通过Zr/Y-Zr图解,判断出研究区的大致 构造环境<sup>[3435]</sup>。根据研究区所采样的微量元素,作图 如下,从中可看到Y001-Y004地质点样品均为板内 玄武岩环境(图8)。

在辉长岩Zr-Nb-Y图解(图9)上,其点也基本上 在C区和B区,即板内拉斑玄武岩区和E-MORB区, 结合Zr/Y-Zr图解,判定其为板内拉斑玄武岩区域。

在Ti-Zr-Y图解(图10)中,可以看出所投环境地

表4 本区阵长右与典型环境个相谷兀家比值特征对比***
Table 4 Comparison of ratio characteristics of incompatible elements
between gabbro and typical environment in this area (According to Weaver B L <sup>[33]</sup> )

	元素比	Zr/Nb	La/Nb	Ba/Nb	Ba/Th	Rb/Nb	K/Nb	Th/Nb	Th/La	Ba/La
_	原始地幔	14.8	0.94	9	77	0.91	323	0.117	0.125	9.6
	N-MORB	30	1.07	4.3	60	0.36	296	0.071	0.067	4
	大陆壳	16.2	2.2	54	124	4.7	134	10.44	0.204	25
	HIMUOIB	$3.2 \sim 5.0$	$0.66\sim 0.77$	$4.9\sim 6.5$	49 ~ 77	$0.35\sim 0.38$	$77 \sim 179$	$0.080\sim 0.101$	$0.107 \sim 0.133$	$6.8 \sim 8.7$
	EMIOIB	$4.2 \sim 11.5$	$0.86 \sim 1.19$	$11.4 \sim 17.8$	$103 \sim 154$	$0.88 \sim 1.17$	$213 \sim 432$	$0.105\sim 0.122$	$0.107\sim 0.128$	$13.2\sim16.9$
	EMIIOIB	$4.5 \sim 7.3$	$0.97 \sim 1.09$	$7.3 \sim 11.0$	$67 \sim 84$	$0.59\sim 0.85$	$248 \sim 378$	$0.111\sim 0.157$	$0.122\sim 0.163$	8.3 ~ 11.3
	OIB	5.83	0.77	-	-	0.65	-	0.08	0.11	9.46
_	本区辉长岩	9.54	1.24	33.47	128.73	2.45	-	0.27	0.22	27.64







Fig.9 Nb\*2-Zr/4-Y tectonic environment discrimination diagram<sup>[37]</sup>

A Ⅰ. 板内碱性玄武岩; A Ⅱ. 板内碱性玄武岩和板内拉斑玄 武岩; B. E型MORB; C. 板内拉斑玄武岩和火山弧玄武岩; D. N型MORB和火山弧玄武岩 质点基本落于D区,即板内玄武岩环境,此环境与之 前的投图所指示的环境相一致。

根据以上图解以及微量元素分析,可知研究区的辉长岩基本属于陆壳内构造环境,其间可能伴有 围岩混染,致使微量元素有轻微异常。

在研究大地构造背景时,需要分析区内辉长岩的源区性质,并研究地壳物质对岩浆岩的影响。岩石地球化学研究证实,如果铁镁质岩浆受来自陆壳的混染,其大离子亲石元素及一些主量元素含量相对较高,同时Zr/Nb、La/Nb比值较高,Ce/Pb、Nb/U比值相对较低<sup>[38]</sup>。典型地幔:Ce/Pb=25±5,地壳:Ce/Pb <15<sup>[39]</sup>,本研究区辉长岩的Ce/Pb比值为1.80~13.03 之间,平均值为7.27,从而得知其为典型的地壳环境, 与前文所得结果相同。根据前人研究成果,当岩浆 源区遭受来自俯冲板片来源的流体作用或地壳物质的混染时都可能使得Ce/Pb比值较低,受来自俯冲消 减板片脱水或熔融流体流体改造的地幔,它们的Ta、 Zr、Hf和Nb将发生不同程度的分异作用<sup>[40]</sup>。

由赵崇贺<sup>[41]</sup>的中基性火山岩成分ATK图解(图 11),可以看出本研究区的所有辉长岩均产出于大陆 玄武岩环境,结合之前所得结论,可得出研究区内辉 长岩形成环境为大陆板内玄武岩。板内玄武岩广泛 定义为产出于板块内部,远离板块边缘的地幔源火 山岩,其主要分为拉斑玄武岩及碱性玄武岩。本研 究区的辉长岩经微量地球化学投图,显示其主要成 分为拉斑玄武岩系列。大洋内的板内玄武岩,主要 构成洋岛、海底高原及海山。而本区的大陆板内玄 武岩,首先为大陆溢流玄武岩,其主要组成为拉斑玄 武岩,大陆溢流型玄武岩为陆上大火成岩省;其次是 大陆碱性玄武岩带,其主要成分以碱性玄武岩为主, 分布较为分散,基本每个大陆都有分布,但出露面积 不大<sup>[42]</sup>。







研究表明板块内部构造,主要分为大洋壳以及 大陆壳两类,大洋壳为大洋板块,大陆壳为大陆板 块,板内构造,顾名思义,为构造上构造相对稳定地 区。本区辉长岩属于大陆板块,主要由拉斑玄武岩 系列组成。大陆板内玄武岩主要有大陆裂谷和陆内 热柱两种成因,而陆内热柱属于碱性玄武岩,结合研 究区内辉长岩地球化学数据,Th/Ta为1.77~4.19,平 均值为2.89, Ta/Hf为0.24~0.44,平均值为0.32, 而大 陆板内玄武岩 Th/Ta>1.6, Ta/Hf>0.1,且典型裂谷玄武 岩的 Th/Ta 值为1.6~4<sup>[43]</sup>, 说明研究区内辉长岩属于 典型的裂谷玄武岩(图12)。





I.板块发散边缘 N-MORB 区; II.板块汇聚边缘(II1.大洋岛 弧玄武岩区; II2.陆缘岛弧及陆缘火山弧玄武岩区); III.大 洋板内洋岛、海山玄武岩区及 T-MORB、E-MORB 区; IV.大 陆板内(IV1.板内裂谷及陆缘裂谷拉斑玄武岩区; IV2.板内 裂谷碱性玄武岩; IV3.大陆拉张带(或初始裂谷)玄武岩区); V.地幔热柱玄武岩区

通过对印度洋洋中脊玄武岩的研究,Le Roex 等<sup>[44]</sup>认为Nb、Zr和Y的丰度可以直接反应地幔源类 型,富集地幔的Zr/Y比值低于18,而亏损地幔具有大 于18。在本研究区中,Zr/Y为4.09~7.02,平均值为 4.94,Zr/Nb为7.66~12.72,平均值为9.54,由此可知 该岩浆岩为富集型地幔源。

#### 5.2形成时代

本研究区共从Y001-Y004四个点位各采集大块 岩体,在河北廊坊地质调查研究所制取人工重砂,由 于辉长岩中锆石获取较难,所以所获得锆石数量有 限,通过阴极发光、透射光、反射光图像,发现本次采 集的锆石环带不清晰,且多具有核幔边结构,为捕掳 锆石,仅有几粒锆石具有环带结构,但较为破碎,无 法完成激光测年实验。因李才、翟庆国等在本区或 相邻区域采集了相同岩性的岩体进行年龄分析实 验,故本文使用其年龄分析结果作为参考。

本区域内所采集的辉长岩,宏观上看,其属于一 系列大的基性岩墙群的部分组成,该岩墙群整体延 伸方向与龙木错--双湖缝合带相同,且分布较为广 泛,延伸亦较远,故推测岩墙群相同延伸方向在同一 构造环境下产生。

李才<sup>[4]</sup>等在玛依岗日地区进行区调工作时,对区 域内的基性岩墙群有一定的认识了解,并采取样品 分析该区域内基性岩墙群的年龄,其中锆石U-Pb年 龄为312±4 Ma,全岩Sm-Nd年龄为299±13 Ma、314± 5 Ma,并认定此结果为整个基性岩墙群的年龄。

翟庆国<sup>[45]</sup>对羌塘这一套基性岩墙群进行进一步的研究分析,通过锆石激光测年得出羌塘中部的基 性岩墙群年代为283 Ma。相比于其之前<sup>[46]</sup>采集戈木 日地区得出的加权平均年龄284±3 Ma,数据较为接 近可靠。

综上所述,由于长蛇山地区辉长岩属于基性岩 墙群的一小部分,故结合前人的研究成果以及野外 地质观察,推测其形成时代应与李才等人的研究结 果相同,年龄300 Ma左右,即晚石炭-早二叠之间。 5.3构造意义

对于该区域的野外特征、室内研究以及其地球 化学特征在前文中都有了较为详细的论述,进一步 探讨其构造环境背景以及在羌塘构造体中的意义。

冈玛日图幅内的基性侵入岩墙,主要分为东西 向和北西-南东向两个方向,野外工作时,笔者发现 两者的野外特征有所区别,根据所采样品进行的地 化分析显示,它们的化学组分也有所差异,玛依岗日 地区内东西向基性侵入岩构造投图为洋中脊环境, 而本研究区基性侵入岩(辉长岩)投图为板内大陆裂 谷环境,洋中脊环境说明其处于成熟的大洋时期,可 能为威尔逊旋回的成熟或衰退时期,而大陆裂谷环 境为大陆形成的威尔逊旋回的萌芽阶段,两个方向 的基性侵入岩应为不同时期的产物,它们的岩浆源 亦为不同阶段的岩浆源。

长蛇山地区的辉长岩岩体位于玛依岗日雪山峰 南部,增生杂岩体系内,该处的基性侵入岩规模较 大,且分布广泛,研究区的辉长岩岩体只是整个青藏 高原中的小部分,通过地化填图得知,它的形成环境 为板内环境,且为大陆板内环境,亦板内裂谷。

本人通过阅读相关文献,结合整个区域地质演 化史,认为长蛇山地区的辉长岩,其所反应的大陆裂 谷环境,有如下可能:

(1)其发育环境为中特提斯洋的萌芽阶段,在该 阶段,古特提斯洋已经完成闭合,大陆重新处于拉伸 环境下,地壳减薄,地幔基性岩浆岩随之喷发而出, 其形成时代厘定了中特提斯洋的开启。

(2)由于与其相近的东西向辉长岩墙,其所反映 的构造环境为洋中脊环境,由此可以推断,处于大陆 裂谷时期的基性岩喷出后,经过后期地质改造,地壳 抬升等一系列过程,使得两处不同构造环境的辉长 岩在现阶段基本处于同一区域。

(3)关于特提斯洋系列发育的时代及演变期次, 在地质界一直都有较大争议,本文认为长蛇山地区 的基性侵入岩岩墙与大洋形成的初始大陆拉张减薄 环境相关。

### 6结论

(1)长蛇山地区北西-南东向的辉长岩 MgO/ (FeO+MgO)的比值介于 0.44~0.64(53.9~72.2)之间,该比值相对于原始地幔的 MgO/(FeO+MgO)比值 (0.68~0.72)要低,熔浆成份与原生岩浆有差异,推 测在岩浆演化过程中有一定程度的结晶分异或地壳 混染。

(2)研究区辉长岩轻重稀土总量分数比值: LREE/HREE=4.16~5.85,平均为4.99,其分馏作用 较为明显,LREE富集。本区的辉长岩与大陆壳成分 (富集Pb,亏损Nb、Ta、P)最为接近,本文推断长蛇山 地区辉长岩产自陆壳环境。

(3)长蛇山地区辉长岩构造环境判别形成于大陆裂谷环境,岩浆源来自富集型地幔。结合前人研究基础,该区域岩墙群形成于威尔逊旋回的萌芽阶段,属于大陆伸展背景下的初始裂谷环境,对龙木错-双湖缝合带的构造演化具有重要的制约作用,有助于深化对特提斯洋演化的认识。

参考文献:

- [1] 邓万明,尹集祥,呙中平.羌塘茶布一双湖地区基性超基 性岩和火山岩研究[J].中国科学,1996,26(4):296-301.
- [2] 李才. 龙木错一双湖一澜沧江板块缝合带与石炭二叠系 冈瓦纳北界[J].. 长春地质学院学报. 1987, 17(2):155-166
- [3] 李才,程立人,胡克,等.西藏龙木错-双湖古特提斯缝合 线研究[M].北京:地质出版社.1995,23(3):268-274
- [4] 李才,程立人,于介江,等.1:250000 玛依岗日幅 (145C003002)区域地质调查报告[R].吉林大学地质调查 研究院,2006,1-205.
- [5] 李才, 董永胜, 翟庆国, 等. 青藏高原羌塘早古生代蛇绿岩 ——堆晶辉长岩的锆石 SHRIMP 定年及其意义[J]. 岩石 学报,2008,24(1): 31–36.

- [6] 李才, 翟刚毅, 王立全, 等. 认识青藏高原的重要窗口-羌 塘地区近年来研究进展评述(代序)[J]. 地质通报, 2009, 28
  (9): 1170-1173.
- [7] KAPP P, YIN A, MANNING C E, et al. Blueschist-bearing metamorphic core complexes in the Qiangtang block reveal deep crustal structure of northern Tibet[J]. Geology, 2000, 28 (1): 19–22.
- [8] KAPP P, YIN A, MANNING C E, et al. Tectonic evolution of the early Mesozoic blueschist-bearing Qiangtang metamorphic belt, central Tibet[J]. Tectonics, 2003, 22(4).
- [9] 常承法,青藏高原的板块构造[J]. 矿物岩石地球化学通讯,1985,(2):1007-2802
- [10] 邓希光, 丁林, 刘小汉. 藏北羌塘中部冈玛日-桃形错蓝 片岩的发现[J]. 地质科学, 2000, 35(2): 227-232.
- [11] 邓希光,丁林,刘小汉.青藏高原羌塘中部蓝片岩的地球 化学特征及其构造意义[J]. 岩石学报, 2002, 18(4): 517-525.
- [12] 李才,黄小鹏,翟庆国,等.龙木错一双湖一吉塘板块缝合带与青藏高原冈瓦纳北界[J].地学前缘,2006,04:136-147.
- [13] 翟庆国,李才,王军,等.藏北羌塘地区基性岩墙群锆石 SHRIMP 定年及 Hf 同位素特征[J]. 科学通报, 2009 (021): 3331-3337.
- [14] 黄继钧. 藏北羌塘盆地构造特征及演化[J]. 中国区域地 质, 2001, 20(2): 178-186.
- [15] 李才,翟庆国,董永胜,等.青藏高原龙木错-双湖板块缝 合带与羌塘古特提斯洋演化记录[J].地质通报,2007,26 (1):13-21.
- [16] 李才,翟庆国,陈文,等.青藏高原龙木错-双湖板块缝 合带闭合的年代学依据一来自果干加年山蛇绿岩与流 纹岩 Ar-Ar和 SHRIMP 年龄制约[J].岩石学报,2007,26 (5):911-918.
- [17] 翟庆国,李才,黄小鹏.西藏羌塘中部角木日地区二叠系 玄武岩的地球化学特征及其构造意义[J].地质通报, 2006, 25(12): 1419–1427.
- [18] 李才,翟庆国,程立人.青藏高原羌塘地区几个关键地质 问题的思考.地质通报,2005,24(4):295-301
- [19] 刘本培,冯庆来,C. chonglakmani,等. 滇西古特提斯多岛 洋的结构及其北西-南东延伸[J]. 地学前缘, 2002, 9(3): 163-164.
- [20] 王根厚,韩芳林,杨运军,等.藏北羌塘中部晚古生代基 性超基性岩的发现及其地质意义[J].地质通报,2009,28 (9):1181-1187.
- [21] 王根厚,梁定益,张维杰,等.藏东北构造古地理特征及 冈瓦纳北界的时空转换[J].地质通报.2007,26(8):921-928.
- [22] 王根厚,周详. 喜马拉雅造山带变质杂岩表露机制[J].地 质力学学报,1996,2(3):27-28.
- [23] 王根厚,周详,曾庆高,等.西藏东部嘉玉桥变质杂岩中 片理化岩组主期面理形成及构造意义[J].中国区域地 质,1998,17(2):177-180.
- [24] 王根厚, 贾建称, 万永平,等. 藏东巴青县北部酉西岩组构造片理形成及构造意义[J]. 地学前缘, 2006, 13 (4): 181-185.

- [25] 王根厚,张维杰,周详,等.西藏东部嘉玉桥变质杂岩内 中侏罗世高压剪切作用:来自多硅白云母的证据[J].2008, 24(2):396-399.
- [26] 卢占武,高锐,李永铁,等.青藏高原羌塘盆地基底结构 与南北向变化——基于一条270km反射地震剖面的认 识[J]. 岩石学报2011(11):618-631.
- [27]朱弟成,潘桂棠,莫宣学,等.特提斯喜马拉雅带中段桑 秀组玄武岩的地球化学和岩石成因[J].地球化学,2005 (1):588-594.
- [28] LASSITER J C AND DEPAOLO D J. Plume/lithosphere interaction in the generation of continental and oceanic flood basalts: chemical and isotope constraints. In: Mahoney J, ed. Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic, and Planetary Flood Volcanism. Geophysical Monography 100[J]. American Geophysical Union, 1997, 335 ~ 355.
- [29] 钟辉,傅俊彧.塔源地区变辉长岩岩石化学地球化学特征及成因[J].地质与资源,2006(1):42-47.
- [30] Wilson M. Igneous petrogenesis (Global tectonic approach)[M]. London : Oxford University Press. 1989.
- [31] COX KG, BELL JD, PARKHURST RJ. The interpretation of igneous rocks[M]. London: George Allen and unwin ltd. 1979.
- [32] 夏林圻,夏祖春,徐学义,等利用地球化学方法判别大陆玄武岩和岛弧玄武岩[J]. 岩石矿物学杂志,2007(1): 77-89.
- [33] WEAVER B L, Trace element evidence for the origin of ocean – island basalts, Geology[J], 1991(19), 123–126.
- [34] PEARCE J. A., CANN R. Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr and Y[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1971 (12): 339–349.
- [35] PEARCE J. A., CANN R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1973 (19): 290–300.
- [36] PEARCE J. A. and NORRY M. J. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks, Contrib[J]. Mineral. Petrol.,1979(69):33–47.
- [37] MESCHEDE M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram[J]. Chemical Geology, 1986 (56); 207–218.
- [38] CAMPBELL IH and GRIFFITHS RW. The evolution of mantles chemical structure[J]. Lithos, 1993(30): 389–399.
- [39] HOFMANN A W. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust[J]. Earth and Planet. 1988
- [40] STOLZ A Z, JOCHUM K P, SPETTEL B, Hofmann A W. Fluid- and melt-related enrichment in the subarc mantle: evidence from Nb/ Ta variations in island-arc basalts[J]. The Journal of Geology. 1996
- [41] 赵崇贺. 中基性火山岩成分的 ATK 图解与构造环境[J]. 地质科技情报,1989(4):1-5.
- [42] FARMER G L. Continental basaltic rocks [G].// Treatise on Geochemistry, Elsevier Pergamon, Oxford: 2003. 85–121.
- [43] 汪云亮, 张成江, 修淑芝. 玄武岩类形成的大地构造环境

的 Th/Hf-Ta/Hf 图解判别[J]. 岩石学报, 2001(3): 413-421.

- [44] LE ROEX, A P DICK, BRLANK H JB, et al. Geochemistry, mineralogy and petrogensis of lavas erupts along the southwest Indian Ridge between the Bouvet tripe junction and 11 degree east[J]. Journal of Petrology, 1983, 24: 267–318.
- [45] 翟庆国. 青藏高原羌塘中部三叠纪高压变质带[A]. 中国 地质学会. 第七届世界华人地质科学研讨会摘要集[C].

中国地质学会:中国地质学会地质学报编辑部,2013:1.

- [46] 翟庆国,李才,王军,等.藏北羌塘地区基性岩墙群锆石 SHRIMP定年及Hf同位素特征[J].科学通报,2009,54(21): 3331-3337.
- [47] SUN S S, MCDONOUGH W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes[J]. Geological Society, London, Special Publications, 1989, 42(1): 313–345.

## The Petrological, geochemical characteristics and tectonic significance of Changsheshan Gabbro rock in Qiangtang, Tibet

YANG Hu<sup>1</sup>, WANG Gen-hou<sup>2</sup>, LI Hong-wei<sup>1</sup>, LUO Tao<sup>1</sup>

(1.Military and civil fusion geological survey center of China geological survey, Chengdu 610000; 2.Geological university of China(Beijing), Beijing 10083)

Abstract: Based on the petrology, mineralogy, geochemistry and chronology, such as research methods, and combining previous research results, a detailed analysis of the NW-SE gabbro structure in the changsheshan area, qiangtang, Tibet, shows that the gabbro in this area originated from the continental crust environment and was mixed with other materials during the magmatic evolution. this is different from the mid-ocean ridge environment produced by the E-W basic intrusive rocks in the area where changshe mountain is located -- Mayigangri area. Therefore, it is speculated that the wall group in this study area was formed in the germination stage of Wilson cycle, The initial rift environment formed under the background of continental extension is an important constraint on the tectonic evolution of Longmuco-double lake suture zone, and helps to deepen the understanding of the foreign evolution of Tethys.

Key words: Qiangtang; Changsheshan; Gabbro rock; Geochemical characteristics; Tectonic significance

## Design and implementation of integrated framework for field data collection in geological survey

REN Wen-qian<sup>1,2</sup>, LIU Yuan-yuan<sup>2,3</sup>

(1. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Development and Research Center(National Geological Archives of China), Beijing 100037, China; 3. Command Center of Natural Resource Comprehensive Survey, Beijing 100055, China)

Abstract: With the continuous advancement of geological survey informatization, the application software of various field data acquisition apps of geological survey is increasing. However, the field project team finds many limitations in the field application process, especially when carrying out multi-professional comprehensive business investigation, and the demand for the integrated management of field data acquisition APP is increasing. Based on the cloud environment, this paper uses technologies such as Vue, Spring Boot framework and MySQL database to build an integrated framework of geological survey field data acquisition apps that separate the front and back ends, and develops Web and mobile application tools for support. Unified APP management, version control and permission allocation are realized on the web side, and customized APP configuration, on-demand installation and unified login are realized on the mobile side, which improves the convenience of APP use for field geological survey personnel.

Key words: field data collection; implementation of integrated framework; Spring Boot; Vue