

胶北隆起双顶超单元地质特征及成因探析

李国华, 房静, 杨国福

(山东省第三地质矿产勘查院, 山东烟台 264000)

摘要: 胶北隆起区变质基底岩性较复杂, 从中分离出正变质侵入岩, 并按单元—超单元理论对其进行了谱系单位划分, 其中古元古代吕梁期侵入的一套花岗闪长岩—二长花岗岩类侵入岩划为双顶超单元, 根据其穿插关系、矿物成分及结构构造特征等进一步划分出5个单元。双顶超单元其侵位受构造控制, 分布范围较广, 同源岩浆演化特征明显。

关键词: 古元古代; 双顶超单元; 地质特征; 同源岩浆演化; 胶北地区

中图分类号: P588.12⁺1 **文献标识码:** A

双顶超单元是胶北隆起古元古代吕梁期分布较广的酸性侵入岩, 其出露分布范围严格受构造控制, 东侧边界为桃村断裂带, 西侧边界为招—平断裂带, 南部边界为中生代胶莱盆地北部边缘构造带。即该超单元分布于胶北隆起以内^①。

1 双顶超单元划分概况

该超单元主要见于招远、蓬莱、栖霞、福山及芝罘岛等地(图1)。为一套花岗闪长岩—二长花岗岩类侵入岩。划分为5个单元(表1)。

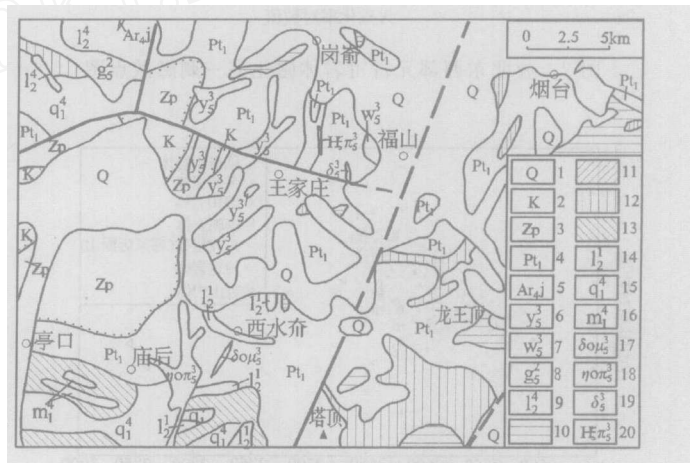


图1 胶北隆起双顶超单元分布简图

1—第四系; 2—白垩系; 3—蓬莱群; 4—古元古界; 5—胶东岩群; 6—雨山超单元; 7—伟德山超单元; 8—郭家岭超单元; 9—玲珑超单元; 10—双顶超单元龙王山单元; 11—双顶超单元婆婆石单元; 12—双顶超单元燕子介单元; 13—双顶超单元北照单元; 14—莱州超单元; 15—栖霞超单元; 16—马连庄超单元; 17—石英闪长玢岩斑岩; 18—石英二长斑岩; 19—闪长岩脉; 20—角闪正长斑岩脉

表1 双顶超单元岩石谱系单位划分

年代单位		岩石谱系单元			同位素地质年龄值 (Ma)	
代	期	超单元	单元	岩性		
古元古代	吕梁期	双顶	龙王山	含电气石伟晶花岗岩	sLγρδ	1674
			婆婆石	片麻状中细粒黑云二长花岗岩	sPγγδ	2425
			燕子介	片麻状细粒含黑云二长花岗岩	sYγγδ	2278
			北照	片麻状细粒二长花岗岩	sBγγδ	2149
			双顶山	片麻状细粒花岗闪长岩	sSγδδ	1900

2 双顶超单元各单元主要特征

2.1 双顶山片麻状细粒花岗闪长岩单元

该单元分布于招远双顶山、九曲蒋家等地, 呈不规则小岩株状产出, NE—SW 方向展布, 被后期玲珑超单元侵入。

收稿日期: 2006-06-05; 修订日期: 2006-08-11; 编辑: 孟舞平

作者简介: 李国华(1969—), 男, 山东栖霞人, 工程师, 主要从事区域地质矿产调查工作。

①山东省第六地质矿产勘查院, 1:5万烟台市等五幅区调报告, 2000年。

双顶山单元岩性为片麻状细粒花岗闪长岩,岩石呈灰白色,风化后为土黄色,细粒花岗结构,片麻状构造,粒度稳定。镜下呈半自形—他形板粒状结构;石英压扁拉长定向排列现象明显,其主要矿物成分及含量见表 2,副矿物种类及含量见表 3,从中可以看出该单元中副矿物种类较复杂,属磷灰石型副

表 2 双顶超单元主要矿物成分及含量(10⁻²)

单元	岩石名称	钾长石	斜长石	石英	黑云母	角闪石	白云母	电气石
龙王山	含电气石伟晶花岗岩	36.70	31.25	27.20	1.90			1.65
婆婆石	片麻状中细粒黑云二长花岗岩	30.2	33.33	21.20		13.6		1.2
燕子乔	片麻状细粒含黑云二长花岗岩	36.78	31.14	22.21	9.50			
北照	片麻状细粒二长花岗岩	26.33	36.97	25.53	7.62	0.52		
双顶山	片麻状细粒花岗闪长岩	19.15	41.01	26.12	3.16	9.47		

表 3 双顶超单元副矿物种类及含量(10⁻⁶)

单元	磁铁矿	榍石	磷灰石	锆石	黄铁矿	石榴石	金红石	电气石
龙王山	少量	几粒	104.03	几粒	少量	少量	微量	2139.86
婆婆石	305.78	几粒	15.88	1.32	1.06	几粒	几粒	几粒
燕子乔	80.95	几粒	12.39	0.50	微量	几粒	几粒	
北照	0.08	少量	39.84	少量	微量	少量	几粒	
双顶山	621	少量	2.4	少量	4.4	少量	少量	

矿物组合。锆石特征为橙黄色金刚光泽,透明一半透明,棱角不清楚,硬度大,一般长 0.2~0.8 mm,长宽比为 2:1~4:1。双顶山单元岩石化学成分及有关参数见表 4,与中国花岗闪长岩对比, SiO₂, K₂O 含量偏高,其余氧化物含量偏低,属钙碱性岩石,岩浆分异程度较高^[1]。其微量元素含量见表 5,其中除 Ni, Zn 接近于世界花岗岩平均值外,其余元素均低于平均值。稀土元素含量及特征值见表 6,轻稀土富集配分曲线右倾(图 2), δEu=1.16, 铈异常不明显^①。

表 4 双顶超单元岩石化学成分及有关参数

单元	氧化物含量 (10 ⁻²)														参数				
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	P ₂ O ₅	CO ₂	总和	SI	DI	δ	OX	OX'
龙王山	73.57	0.07	14.01	0.32	1.41	0.016	1.36	0.38	2.50	4.72	0.21	0.16	1.16	99.89	13.18	86.57	1.71	0.82	0.17
婆婆石	63.55	0.56	15.56	4.42	3.27	0.038	2.61	1.36	2.74	6.46	1.04	0.22	0.43	99.20	5.42	79.98	2.19	0.69	0.28
燕子乔	73.62	0.15	14.29	0.64	1.14	0.028	0.72	0.95	2.05	5.02	0.25	0.13	0.98	99.96	7.49	86.09	1.63	0.64	0.33
北照	73.32	0.22	13.24	1.34	1.46	0.020	0.58	1.68	3.72	2.91	0.78	0.04	0.34	99.66	5.84	83.88	1.45	0.52	0.45
双顶山	72.08	0.10	14.82	1.01	1.21	0.120	0.43	1.58	3.89	4.00	0.64	0.10	0.03	100.01	4.08	86.19	1.78	0.51	

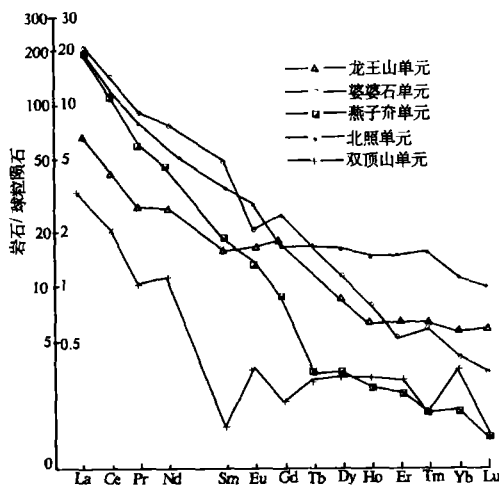


图 2 双顶超单元稀土元素配分模式曲线图

2.2 北照片麻状细粒二长花岗岩单元

该单元主要分布于蓬莱大辛店—小门家、栖霞杨础、北照、庙后、亭口等地,呈带状近 EW 向展布。侵入古元古代荆山群、粉子山群及栖霞超单元、马连庄超单元、莱州超单元中,被后期玲珑超单元、郭家岭超单元侵入,呈不规则状。北照单元岩性为片麻状细粒二长花岗岩,风化后为黄褐—暗灰色,新鲜面为浅青灰或灰白色,不等粒花岗变晶结构,片麻状构造,镜下为半自形—他形细粒结构。主要矿物成分及含量见表 2,副矿物种类及含量见表 3,属锆石—磷灰石型副矿物组合。其主要锆石特征为红褐色—灰

① 山东省第六地质矿产勘查院, 1:5 万黄城、赵格庄幅区域地质调查报告, 1996 年。

表 5 双顶超单元微量元素含量

单元	微量元素含量 (10^{-6})																					
	Ti	Mn	P	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Ga	Li	Ni	Pb	Sr	Th	V	Zn	Bi	Cd	Mo	Nb	Ta	Zr
龙王山	265.5	82.36	516.2	90.25	<1.0	1.99	8.52	7.57	10.57	4.05	<4.0	37.96	37.5	<3.0	<1.50	15.13	<10.0	<1.0	9.02	<10.0	<10.0	10.17
婆婆石	4092.0	579.7	1636.0	168.10	3.02	14.84	38.74	32.2720	8624.5618	28.20	63.381.6	20.01	77.05	84.50	<10.0	<1.0	<4.0	<10.0	<10.0	15.77		
燕子芥	1684.0	505.7	319.4	2044.0	1.34	4.45	15.42	13.7116	0.432.82	<4.0	44.60	533.9	4.70	6.44	80.91	<10.0	<1.0	<4.0	<10.0	<10.0	6.76	
北照	575.8	144.8	184.3	174.9	2.20	2.16	12.65	12.2714	74.7	61.10	48.36	37.223.5	<3.0	9.11	28.34	<10.0	<1.0	4.86	<10.0	<10.0	26.40	
双顶山					95.0	3.40	3.20	8.10			7.40	6.40	59.2	5.50		60.90		0.50	8.50			31.40

表 6 双顶超单元稀土元素含量及参数特征

单元	稀土元素含量 (10^{-6})														有关参数				
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Σ REE	LREE	HREE	LREE/HREE	δ Eu
龙王山	51.5	111.0	14.5	15.2	11.2	0.4	4.7	0.5	1.41	0.45	1.27	0.35	0.58	0.26	225.86	204.14	21.72	9.40	0.27
婆婆石	66.41	119.211	2449.09	9.38	1.55	6.58	0.76	3.57	0.59	1.63	0.19	0.88	0.11		271.18	256.87	14.31	17.95	0.57
燕子芥	60.11	90.0	7.49	27.25	3.61	0.98	2.21	<0.30	1.02	0.20	0.57	<0.100	0.43	<0.10	194.09	189.41	4.68	40.47	0.99
北照	6.78	9.3	0.98	3.71	0.68	0.46	0.42	<0.300	0.52	<0.100	0.33	<0.100	0.24	<0.10	23.74	21.93	1.81	12.13	2.45
双顶山	11.20	16.8	1.29	7.60	0.34	0.30	0.70	0.22	0.72	0.20	0.52	0.09	0.40	0.05	40.92	30.03	1.61	18.65	1.16

绿色,玻璃光泽,半透明,长柱状体,表层不光滑,有丘状凸起及熔蚀沟,长 0.18~0.52 mm,长宽比 3:1~3.8:1。

北照单元岩石化学成分及有关参数见表 4,与中国花岗岩平均值对比,其 SiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量略偏高, MgO , $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$, P_2O_5 含量略偏低,其他氧化物含量接近一致,为钙碱性岩石,分异演化较彻底。微量元素含量见表 5,与酸性岩类世界平均值对比,除亲石元素 Mn、亲铜元素 Pb 含量略偏高以外,其余大部分元素含量均偏低。稀土元素含量及特征值见表 6,轻稀土略显富集,配分曲线右倾(图 2),铕正异常明显。

2.3 燕子芥片麻状细粒含黑云二长花岗岩单元

该单元主要呈不规则状分布于蓬莱龙山店、大柳行、燕子芥等地。侵入荆山群、粉子山群及栖霞超单元、马连庄超单元中,被后期玲珑超单元、郭家岭超单元侵入。

燕子芥单元岩性为片麻状细粒含黑云二长花岗岩,风化后呈黄褐色,新鲜面为灰白色,鳞片粒状花岗岩变晶结构,片麻状构造,镜下为半自形—他形细粒结构。主要矿物成分、副矿物种类及含量见表 2,表 3,属磁铁矿—磷灰石型副矿物组合,锆石特征为无色或浅褐色,金刚光泽,透明、长柱状体,棱线分明,晶面光洁,有轻微熔蚀痕,长 0.2~0.3 mm,长宽比 3:1~2:1。

燕子芥单元岩石化学成分及有关参数见表 4,

与中国花岗岩平均值对比,其 SiO_2 , TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量略偏高, Al_2O_3 , P_2O_5 含量偏低,其他氧化物含量接近一致,为钙碱性岩石,岩浆分异演化较彻底。微量元素含量见表 5,与酸性岩类世界平均值对比,除亲石元素 Mn, Sr, 亲铜元素 Pb, Zn 含量略偏高以外,其余大部分元素含量接近一致或偏低。稀土元素含量及特征值见表 6,轻稀土略显富集,配分曲线右倾(图 2),铕异常不明显。

2.4 婆婆石片麻状中细粒黑云二长花岗岩单元

该单元系杨国福等 1998 年在开展 1:5 万烟台等 5 幅区调时建立的。主要分布于胶北地区烟台北部芝罘岛婆婆石、老爷山等地,呈不规则小岩株状,侵入芝罘群中。

婆婆石单元岩性为片麻状中细粒黑云二长花岗岩,风化后为灰褐色—黄褐色,鳞片中细粒花岗岩变晶结构,片麻状构造,镜下为半自形—他形中细粒结构。主要矿物成分及含量见表 2,副矿物种类及含量见表 3,属磁铁矿—磷灰石—锆石型副矿物组合。锆石特征为浅棕色,金刚光泽,透明—半透明、圆化长柱状体,晶面不平整,有凹洞、浅沟等蚀痕,长 0.12~0.30 mm,长宽比 2:1~2.8:1。

婆婆石单元岩石化学成分及有关参数见表 4,与中国花岗岩平均值对比,其 TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, K_2O 含量偏高, SiO_2 含量偏低,其余氧化物含量基本一致,属次钙钠性岩石,岩浆分异演化较彻底。微量元素含量见表 5,与酸性岩类世界平均值对比,除

亲石元素 Ba, V, Nb, Zr 含量略偏低以外,其余大部分元素含量偏高。稀土元素含量及特征值见表 6,轻稀土略显富集,配分曲线右倾,铕负异常明显(图 2)。

2.5 龙王山含电气石伟晶花岗岩单元

该单元系杨国福等 1998 年在开展 1:5 万烟台等 5 幅区调时建立的,主要分布于福山岗崮、回里、黄务、龙王山等地,呈不规则小岩株状侵入荆山群、粉子山群中,被后期雨山超单元侵入。

龙王山单元岩性为含电气石伟晶花岗岩,岩石呈黄白—青灰色,伟晶不等粒花岗变晶结构,块状、斑杂状构造,镜下为半自形—他形不等粒结构。主要矿物成分及含量见表 2。副矿物种类及含量见表 3,属锆石—磷灰石—电气石型副矿物组合。锆石特征为黄色,个别乳黄色,金刚光泽,透明状、长柱状体,结晶完全,晶面无蚀痕,长 0.12~0.60 mm,长宽比 3:1~1:1。电气石呈黑色长柱状,分散分布或呈放射状聚合体。

龙王山单元岩石化学成分及有关参数见表 4,与中国花岗岩平均值对比,其 SiO₂, MgO 含量偏高, TiO₂, Fe₂O₃ + FeO, MnO, CaO 含量偏低,其余氧化物含量接近一致,为钙碱性岩石,岩浆分异演化较彻底。微量元素含量见表 5,与酸性岩类世界平均值对比,除亲铜元素 Pb 及 B 含量略偏高以外,其余大部分元素含量偏低。稀土元素含量及特征值见表 6,轻稀土略显富集,配分曲线右倾(图 2),铕显正异常。

3 双顶超单元演化特征

胶北地区双顶超单元的规模并不大,但分布范围较广,产出的地质构造条件复杂,随着成岩时序的演化,各单元的岩性特征,结构、构造特征等呈有规律的变化。

由早到晚岩石类型由花岗闪长岩→二长花岗岩→伟晶花岗岩。由早到晚微斜长石、石英含量增加,斜长石、黑云母含量呈减少趋势。由表 4 可看出,由早到晚, SiO₂, K₂O + Na₂O 含量总体呈增加的趋势, Fe₂O₃ + FeO 含量呈减少的趋势。里特曼指数 σ 均小于 3,为钙碱性岩石,分异指数 DI 为 79.98~86.57 之间,说明分异趋势相同,为同源产物,且分异演化较彻底。由表 6 可以看出,由早到晚稀土总量

呈增加趋势,轻、重稀土比值越来越小,说明随着岩浆演化,晚期单元分异程度好,从图 2 可看出,该超单元稀土配分曲线套合较好,元素间分馏特征相似,说明同源岩浆演化特征。由早到晚岩石结构由细粒→中细粒→伟晶不等粒,上述特征说明,该超单元为成分、结构双演化序列。

4 成因分析

从表 6 稀土元素特征可以看出,其 δE_u 值均接近或小于 0.7,说明该超单元是由地壳部分熔融形成的岩浆岩^[2],利用岩石化学分析结果在 (Al - Na - K) - Ca - (Fe²⁺ + Mg) 图解中投点,表明为改造型花岗岩,以壳源物质为主。从表 5 中可以看出,该超单元微量元素成分较复杂,说明该超单元成岩物质来源较复杂,主要为壳源物质部分重熔,其中 Cr, Ni 2 元素含量均较低,为壳源混合型花岗岩的特征^[3]。从表 3 反映出副矿物种类较复杂含量较高的特点,亦说明该超单元为壳源物质部分重熔产生的壳源钙碱性岩浆。

古元古代吕梁期晚期,在经历了吕梁期早期的陆—陆碰撞以后,幔源岩浆再次活动上侵到地壳中,引起地壳物质部分重熔,产生了壳源岩浆,在挤压应力作用下,主动侵位,形成了花岗闪长岩到二长花岗岩演化系列——双顶超单元。

双顶超单元在胶北地区明显侵入新太古代马连庄超单元、栖霞超单元,古元古代莱州超单元,侵入古元古代荆山群、粉子山群,被新元古代玲珑超单元、中生代燕山早期郭家岭超单元侵入。以往的地质工作亦进行了大量的同位素地质测年工作(表 7),其年龄值多集中在 1674~2425 Ma 之间,年龄

表 7 双顶超单元同位素地质年龄数据

单元	采样地点	测定年龄(Ma)	测试方法	资料来源
龙王山	初家	1674	全岩 U - Pb	1:5 万牟平等六幅区调报告(1990)
婆婆石	婆婆石	2425	单颗粒锆石 U - Pb	1:5 万烟台等五幅区调报告(2000)
燕子亦	燕子亦	2278	单颗粒锆石 U - Pb	1:5 万烟台等五幅区调报告(2000)
北照	北照	2149	锆石 U - Pb	1:20 万蓬莱、烟台、砬矶幅区调报告(1992)
双顶山	双顶山	1900	全岩 Rb - Sr	山东区域地质(1989)

值基本与野外依据接触关系判断的地质时代一致,故该超单元应划为古元古代吕梁期侵入岩。

该文在撰写中承蒙赵运伦教授级高级工程师在百忙中予以审阅和指导,在此深表谢意。

- [1] 邱家骧. 岩浆岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1983, 210-214.
- [2] 高秉璋, 洪大卫, 郑基俭, 等. 花岗岩类 1:5 万区域地质填图方法指南[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1991, 30-35.
- [3] 穆克敏, 林景仟, 邹祖荣, 等. 华北地台区花岗岩岩石的成因[M]. 吉林:吉林科学技术出版社, 172-185.

参考文献:

Geological Characteristics and Origin Study of Shuangding Superunit in Jiaobei Uplift

LI Guo-hua, FANG Jing, YANG Guo-fu

(No. 3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Yantai 264000, China)

Abstract: Rock property of magnetic baserock is very complicated in Jiaobei uplift area, and positive magmatic intrusive rocks are departed from it. Lineage unit classification is carried out according to unit—superunit theory. Among them, granodiorite—monzonitic granite type intrusive rocks in Paleoproterozoic Lvliang period is classified into Shuangding superunit. According to its nterluding relation, mineral compositions and structural characteristics, it is divided into 5 units furthurly. Intrusion of Shuangding superunit is controlled by structure with wide distribution scope, and conmagmatic evolution characteristics is evident.

Key words: Paleoproterozoic; Shuangding superunit; geological characteristics; conmagmatic evolution; Jiaobei area

(上接第 39 页)

Geological Application of Physical Property Parameters in Regional Jiaodong Area

WAN Guo-pu, HAN Yu-zhen, DING Meng-san, WEN Jing

(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Physical property parameters determined in different rock samples can not only be used in regional geology and geophysical study, but also can be used to solute some geological problems. By using 5 physical parameters, such as K (magnetic capacity), J_r (remanence), σ (density), ρ (electrical resistivity) and η (chargeability) of 188 samples gained in east part of Jiaodong area and 80 samples gained in west part of Jiaodong area, and using distinguishing method, rock division between east and west part of Jiaodong area is soluted. According to physical parameters, clustering analysis is carried out in this paper, and different matrix is divided as well.

Key words: Physical parameters; distinguishing analysis; clustering analysis; Jiaodong area