

西藏中南部花岗岩类岩石中锆石 标型特征的研究

丁孝石

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

主题词: 锆石; 花岗岩类; 标型特征; 西藏

提 要: 西藏各类花岗岩分布极为广泛。锆石在不同时代和不同岩性花岗岩中的标型特征也互有差异。锆石矿物含量从北向南有逐渐降低的趋势; 锆石中的Zr/Hf比值是随着岩石的酸度增加和岩体时代变新而降低; 锆石的伸长系数是随着岩石中Si-K+Na的含量增加而加大; 在冈底斯带花岗岩中的Si和K+Na含量低时, 锆石多出现(100)和(111)晶面, 而拉轨岗日岩带和喜马拉雅岩带浅色花岗岩中的Si、K、Na含量较高时, 锆石则多出现(110)、(311)和(131)晶面; 锆石中稀土元素是以重稀土元素为主, 其含量占总稀土量的80%以上。

锆石是各类岩石中分布较为普遍的副矿物之一。由于它的物化性稳定, 可作为一种理想的标型矿物。近年来, 较多的国内外研究者们利用锆石等矿物的标型特征进行岩体(层)对比、岩相(层位)划分、岩浆岩的成因等方面研究, 已取得了有益的成果。笔者通过西藏中南部各类花岗岩中锆石的化学组成、微量元素含量变化和物理性质——形态、晶体伸长系数、颜色、发光性、晶体表面形态、包裹体等标型特征的研究, 试图为西藏喜山期和燕山期各类花岗岩的划分标志提供一些依据。公认的喜山期花岗岩只有在西藏南部有所出露。前人对这些岩体中的物质组成, 特别是锆石的标型特征系统研究甚少, 可以说是空白。笔者为此提供了一些新资料。

一、花岗岩类岩石的一般地质特征

1、西藏地区花岗岩类岩石出露面积比较广泛。大岩基多沿雅鲁藏布江北岸呈东西向出露, 其出露面积约占全区花岗岩的3/4, 此带为冈底斯岩带。主要岩性为花岗闪长岩和黑云母花岗岩, 其岩体的时代为喜山期—燕山期(27—90百万年)。冈底斯岩带以南多见零星分布的小岩体, 从岩性和构造上可划分两个岩带——拉轨岗日岩带^①(以片麻状二云母花岗岩为主)和喜马拉雅岩带(以白云母花岗岩和电气石花岗岩为主)。这两带的岩体为喜山期产物, 时代为8—23百万年^[1]。西藏南部地区的花岗岩类侵入期次、产出部位、围岩性质及其物质来源等均有明显差异。有关著作对此已有详细叙述^{[1][2]}。现将锆石样品^[3]、岩性、岩石化学分析^[4]和矿物组合等列入表1。

2、笔者等共采集37个花岗岩人工重砂样品。由于交通条件和时间的限制, 仅能对沿公路附近所见到的岩体进行野外观察和样品采集工作。样品采集点的分布, 基本可以代表分布在

^① 拉轨岗日岩带形成时代有争议, 以康马岩体为例, F.德蓬等(法国)测得为484±7百万年。

表 1 西藏中南部各类花岗岩特征表

Table 1 Characteristic of granitoids in Central-South Xizang

分带	野外编号	岩石名称	副矿物组合 (按含量多少顺序排列)	岩 石 全 分 析 (%)											总量		
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅		H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻
北带 (羊八井—拉萨)	XR-10A	绿帘石花岗岩	磁铁矿、绿帘石、褐帘石、磷灰石、黄铁矿、锆石、钼石	67.83	0.27	14.90	1.22	2.24	0.10	3.42	1.30	3.85	3.00	0.03	1.25	0.13	99.54
	XR-130A	黑云角闪花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、钼石、钛石	68.21	0.68	14.19	3.44	1.03	0.08	2.68	1.41	4.07	3.35	0.18	0.39	0.07	99.78
	XR-65	黑云母花岗岩	磁铁矿、褐帘石、磷灰石、石榴石、绿帘石、电气石	77.26	0.26	11.29	0.76	0.75	0.07	0.77	0.65	4.60	3.95	0.03	0.22	0.03	100.64
	XR-40	黑云母花岗岩	磁铁矿、磷灰石、褐帘石、锆石、钼石	70.48	0.50	14.29	1.59	1.90	0.10	0.11	2.68	4.05	3.65	0.11	0.35	—	99.81
	XR-45	浅色花岗岩	磁铁矿、磷灰石、褐帘石、锆石、钼石	75.13	0.29	11.88	2.12	0.94	0.06	1.10	0.32	4.80	3.45	0.07	0.29	0.10	100.76
	XR-36	黑云母花岗岩	磁铁矿、磷灰石、褐帘石、锆石、钼石	72.22	0.34	13.49	1.90	1.13	0.06	2.36	0.65	4.45	3.25	0.04	0.31	0.05	100.25
	XR-79	黑云角闪花岗岩	磁铁矿、磷灰石、黄铁矿、锆石、石榴石	60.57	0.38	16.11	2.79	3.69	0.16	5.67	2.48	3.35	3.50	0.15	0.34	0.28	99.47
	XR-155	黑云角闪花岗岩	磁铁矿、磷灰石、黄铁矿、钼石、钛石	62.47	0.38	13.89	2.72	5.09	0.13	5.04	2.48	3.05	3.29	0.11	0.71	—	100.04
	XR-86	黑云母花岗岩	磁铁矿、磷灰石、褐帘石、石榴石、电气石	72.33	0.16	14.60	1.85	1.56	0.10	0.79	0.40	3.45	3.80	0.10	0.63	0.34	100.11
	XR-91	黑云母花岗岩	磁铁矿、磷灰石、褐帘石、石榴石、石榴石、电气石、辉钼矿	71.39	0.18	13.69	1.29	2.09	0.10	2.36	0.86	3.60	3.85	0.17	0.54	0.54	100.66
	Na-1	黑云角闪花岗岩	磁铁矿、黄铁矿、石榴石、锆石	54.12	0.74	19.70	3.60	4.30	0.18	7.78	2.83	1.30	3.35	0.20	1.03	0.30	99.43
	XR-104	细粒浅色花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、褐帘石、钼石	78.44	0.04	12.99	0.62	0.73	0.04	0.32	0.43	3.66	2.50	0.22	—	0.31	100.30
XR-109	粗粒黑云花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、褐帘石、钼石、钛铁矿、钼石	72.54	0.16	14.09	1.53	1.41	0.08	1.76	0.80	3.70	3.40	0.08	0.97	—	100.52	
中带 (曲水一带)	XR-5401	钾长花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、黄铁矿、钼石	63.09	0.76	16.05	4.45	1.61	0.13	4.67	1.86	3.00	3.75	0.26	0.97	0.12	100.72
	XR-494	花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、钼石	58.83	0.69	16.60	4.36	2.07	0.14	6.29	2.85	2.60	3.70	0.83	1.03	—	99.99
	XR-542	花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、钼石	51.21	1.13	17.61	5.31	5.21	0.27	8.78	3.39	1.67	4.00	0.53	1.29	0.18	100.58
	XR-470	绿帘石花岗岩	磁铁矿、磷灰石、褐帘石、石榴石、钼石	66.77	0.35	14.94	2.40	1.98	0.09	3.41	1.36	2.42	3.93	0.22	1.47	0.10	99.44
	XR-481	花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、钼石	64.23	0.55	15.27	4.45	1.34	0.10	4.25	1.86	2.70	3.75	0.21	0.68	0.22	99.61
	XR-549	黑云母花岗岩	磁铁矿、磷灰石、褐帘石、石榴石、钼石	72.18	0.24	14.35	1.54	0.51	0.04	2.44	0.51	2.79	4.79	0.17	0.47	—	100.03
	XR-455	花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、钼石	59.66	0.63	17.19	3.76	3.51	0.14	5.76	2.71	2.16	3.78	0.29	0.76	0.06	100.41
	XR-599	斑状黑云母花岗岩	磁铁矿、磷灰石、褐帘石、石榴石、钼石	65.38	0.55	16.02	3.48	1.09	0.06	2.93	1.19	3.76	4.31	0.40	0.81	0.11	100.09
	XR-398	花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、钼石	59.21	0.83	16.47	4.31	3.17	0.15	5.37	2.37	2.37	2.42	0.34	0.82	0.10	97.93
	XR-381	花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、钼石	54.02	1.10	17.40	4.97	4.30	0.21	8.41	2.61	1.82	3.93	0.53	1.05	0.17	100.52
	XR-370	花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、钼石	66.70	0.69	14.96	3.42	2.01	0.08	3.46	1.55	3.60	3.55	0.22	0.76	—	101.00
	XR-27E	二云母花岗岩	磁铁矿、磷灰石、绿帘石、石榴石、钼石	74.68	0.23	13.40	0.42	1.04	0.028	0.63	0.43	4.40	3.50	0.20	0.64	—	99.598
	XR-27F	二云母花岗岩	磷灰石、晶质轴矿、锆石	74.28	0.23	13.02	0.31	1.10	0.032	0.63	0.48	4.95	3.60	0.25	0.48	—	99.362
	XR-226B	细粒二云母花岗岩	磷灰石、磁铁矿、石榴石、独居石、电气石	72.56	0.32	14.60	1.30	1.04	0.06	1.73	0.82	2.90	3.62	0.08	0.65	—	99.68
	XR-170	中粒白云母花岗岩	磷灰石、磁铁矿、石榴石、独居石、电气石、石榴石	73.60	0.15	14.64	0.25	0.67	0.02	1.25	—	4.26	4.00	0.04	0.40	0.10	99.38
XR-256	细粒白云母花岗岩	磷灰石、磁铁矿、石榴石、独居石、电气石、石榴石	74.04	0.28	13.26	1.15	1.02	0.06	2.18	0.87	3.93	2.88	0.03	0.32	—	100.02	
XR-358	二粒白云母花岗岩	磷灰石、磁铁矿、石榴石、独居石、电气石、石榴石	74.99	0.11	13.06	0.97	0.67	0.03	1.18	0.11	4.44	3.68	0.09	0.52	0.03	99.88	
XR-363	二粒白云母花岗岩	磷灰石、磁铁矿、石榴石、独居石、电气石、石榴石	74.25	0.21	14.85	1.07	0.62	0.04	1.49	0.54	3.18	3.90	0.09	0.43	—	100.67	
XR-353	细粒白云母花岗岩	磷灰石、磁铁矿、石榴石、独居石、电气石、石榴石	74.97	0.39	11.88	1.62	1.54	0.05	1.25	0.65	4.88	2.44	0.06	0.61	0.09	100.43	
XR-95	黑云母花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、独居石、电气石、石榴石	72.60	0.40	12.85	0.65	1.42	0.03	1.42	0.60	4.55	2.00	0.37	0.70	—	98.15	
XR-96	花岗岩	磁铁矿、磷灰石、石榴石、独居石、电气石、石榴石	74.83	0.15	15.20	0.71	0.71	0.04	0.20	0.98	3.54	3.04	0.22	0.47	—	100.09	
XR-101	黑云斜长斑状混岩	磷灰石、磁铁矿、石榴石、独居石、电气石	66.75	0.81	14.82	3.71	3.14	0.076	2.52	1.84	3.10	2.35	0.40	0.86	—	100.376	
XR-140	电气石花岗岩	磷灰石、独居石、钼石	74.02	0.15	15.02	0.43	0.84	0.04	0.61	0.98	4.02	3.28	0.16	0.26	—	99.86	
XR-141	眼球状混合岩	磷灰石、独居石、钼石、磷钨矿、十字石、钛铁矿、金红石、电气石	71.89	0.60	13.30	1.18	2.78	0.058	2.05	0.97	2.80	2.25	0.22	0.50	—	98.598	

西藏中南部的花岗岩类岩石。所采集的样品是新鲜的，样品重量多者30公斤；少者7公斤；一般在15~20公斤之间。采用正规的人工重砂处理流程从花岗岩中提取锆石，结果是可靠的。

二、各类花岗岩中锆石的标型特征

1、锆石在各花岗岩体中的含量

西藏花岗岩中锆石的含量都不高，一般在100克/吨左右，与华南各类花岗岩中锆石含量相比，约低2~3倍。尽管如此，锆石在本区不同地带和不同岩类中的含量还是有明显差异。南带（指拉轨岗日岩带和喜马拉雅岩带）锆石含量都低于50克/吨。中带（指冈底斯岩带，下同）锆石含量较高，一般均在200克/吨左右。北带锆石含量在70—100克/吨。在不同岩类中锆石含量也不同，花岗闪长岩中锆石含量为150—220克/吨；黑云母花岗岩中锆石含量为80—150克/吨；二云母花岗岩和电气石花岗岩中锆石含量甚低，一般均在5—10克/吨。

2、锆石的晶体形态及分布特点

锆石属正方晶系，但受各种地质因素的影响，其三度空间发育不平衡，极易形成不规则的板状、长柱状和各种歪晶，柱面和锥面变化各异，使锆石晶体成千姿百态（见图1和照片I-1—11）。就西藏中南部各类花岗岩中的锆石而言，发现以下几种形态^[5]：（1）锆石的锥面呈等腰梯形。柱面不发育或无柱面。见图1-a；（2）锥面呈四边形，柱面呈六边形。晶面符号见有(111)和(100)。见图1-b；（3）锥面呈等腰三角形，柱面呈长方形。晶面符号为(111)和(110)，见图1-c；（4）锆石的锥面呈四边形，晶面符号为(111)，柱面由(100)和(110)晶面所组成。见图1-d；（5）锥面无(111)面，只见有(311)和(131)，柱面见有(110)和(100)晶面，见图1-e；（6）锆石柱面为(100)和(110)，锥面见有(111)和(131)。见图1-f；（7）锆石柱面只见(100)，锥面见有(111)和(311)，见图1-g；（8）锆石柱面只有(100)，而锥面见有(111)、(131)和(311)三个晶面，见图1-h；（9）柱面(110)和(100)发育基本相等，呈六边形，锥面见有(111)、(311)和(131)三个晶面。见图1-i；（10）薄板状锆石，(110)晶面极发育，见图1-j；

（11）无柱面、不对称型锆石，锥面一端见(111)，另一端则见有(001)和(111)、(131)三个晶面，见图1-m；（12）锆石柱面见有(110)和(100)，锥面不一，一端仅见(111)晶面，另一端则见有(111)和(131)两个晶面，见图1-n。后两种锆石是极罕见的特殊晶形。

从上述锆石晶面发育情况来看。北带（指羊八井—拉萨岩带）各花岗岩中锆石晶面简单，仅出现(111)、(100)和(110)三个晶面。中带锆石晶面较为复杂，锥面出现(111)、(311)和(131)，柱面出现(100)和(110)。南带锆石柱面只见(100)面，

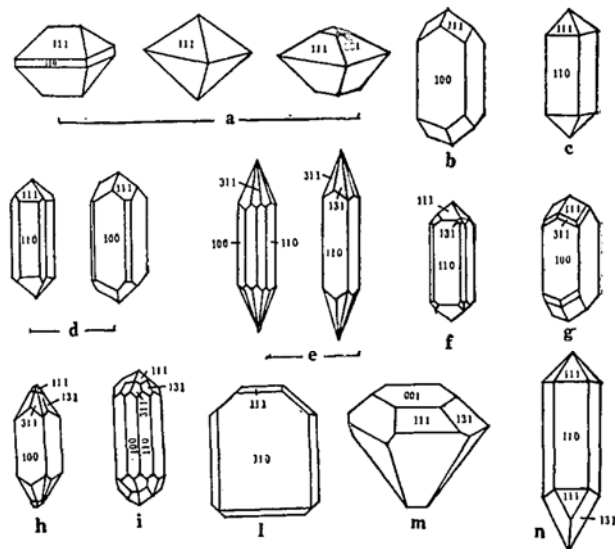


图1 锆晶晶形

Fig.1 Crystal forms of zircon

锥面复杂, 见有 (311)、(131)、(111)。

3、锆石的粒度和伸长系数

(1) 锆石的粒度分布特征 锆石的粒度分析是采用重砂分离办法将锆石提纯 97% 以上。然后, 用筛分的方法把锆石分成四个粒级, 见表 2。锆石粒度大小分布是有规律可寻

表 2 锆石粒度和伸长系数统计表

Table 2 Grain size and elongation coefficient of zircon

分带	野外编号	岩石名称	粒度分析 (%)				伸长系数(长:宽)(%)				
			>0.15 毫米	0.15—0.10 毫米	0.10— 0.056 毫米	<0.056 毫米	<2	2—3	3—4	4—5	>5
北带	XR-10A	绿帘石花岗岩		8.6	63.8	27.6	16	52	25	7	
	XR-130A	黑云角闪花岗岩	2.2	54.2	43.3	0.3	42	47	9	1	1
	XR-65	黑云母花岗岩		6.0	61.3	32.7	30	59	11		
	XR-40	黑云母花岗岩	3.2	4.9	52.6	39.3	17	57	17	6	3
	XR-45	浅色花岗岩	4.6	16.0	44.7	34.7	26	62	9	3	
	XR-36	黑云母花岗岩	2.0	5.6	51.1	41.3	24	59	24	3	
	XR-79	黑云母花岗岩	3.0	35.4	55.1	6.5	74	26			
	XR-155	黑云角闪花岗岩	26.8	34.4	34.1	4.7	27	54	6	5	8
	XR-86	黑云母花岗岩		11.3	85.7	3.0	15	59	14	10	2
	XR-91	黑云母花岗岩	5.2	13.6	71.5	9.7	15	63	13	5	3
	Na-1	黑云角闪花岗岩	6.9	36.8	54.5	1.8	25	32	25	9	9
	XR-104	浅色花岗岩		6.6	44.8	48.6	34	48	16	2	
	XR-109	粗粒斑状花岗岩	3.4	7.5	58.1	31.0	12	42	28	8	10
	中带	XR-5401	粗粒斑状花岗岩	4.1	0.9	79.3	15.7	13	43	32	9
XR-494		中粒花岗岩	76.7	1.8	16.9	4.6	31	40	18	7	4
XR-542		花岗闪长岩中包体		4.9	4.3	90.7	10	60	24	3	3
XR-470		绿帘石花岗岩		11.9	62.6	25.5	14	54	19	7	6
XR-481		中细粒花岗闪长岩	1.8	6.0	39.2	53.0	15	47	25	7	6
XR-549		中粒黑云母花岗岩	5.8	12.9	57.9	23.4	5	46	41	6	2
XR-455		花岗闪长岩	65.5	11.2	22.3	1.0	47	36	14	2	1
XR-599		斑状黑云母花岗岩	2.8	19.0	73.5	4.7	14	65	20	1	
XR-398		花岗闪长岩	2.1	10.6	81.2	6.1	14	36	25	10	15
XR-381		花岗闪长岩	82.2	7.7	9.6	0.5	57	35	8		
XR-370		花岗闪长岩	1.1	1.0	68.6	28.3	5	47	49	6	2
XR-27E		二云母花岗岩		21.8	44.5	33.7	6	42	44	6	2
XR-27F		二云母花岗岩					4	44	40	6	6
南带		XR-226B	细粒二云花岗岩		1.55	58.9	25.6	8	43	37	8
	XR-170	中粒白云母花岗岩					2	52	26	12	8
	XR-256	细粒二云母花岗岩	1.7	7.1	67.1	24.1	2	52	34	8	4
	XR-358	二云花岗岩	7.7	14.8	67.1	10.4	8	48	24	11	14
	XR-363	细粒白云母花岗岩	2.7	15.4	70.6	11.3	4	62	30	2	2
	XR-353	二云母花岗岩	2.5	5.1	74.6	17.8	16	47	36	2	
	XR-95	黑云母花岗岩	6.0	14.8	57.6	21.6		27	47	17	9
	XR-96	花岗岩					20	62	8	10	
	XR-140	电气二云花岗岩	2.3	9.3	66.5	21.9	12	54	20	12	2
	XR-141	眼球状混合岩	3.4	19.1	63.1	14.4	18	62	18		2

的。以冈底斯岩带为例：XR-381和XR-494两个样锆石粒度较粗，粒径大于0.15毫米者占锆石总量的75%以上。产出部位多见于岩带中部的粗粒结构花岗闪长岩中；而冈底斯岩带的边缘细粒花岗闪长岩（XR-481）和中粒黑云母花岗岩（XR-549），锆石粒度在0.056毫米以下者占有很大比例。

(2) 锆石的伸长系数 近40个锆石样品，在显微镜下分别进行锆石晶形的伸长系数（长：宽）统计。每个样品共测100个锆石晶体。从表2、图2中可看出以下特点：1) 锆石伸长系数分布率曲线形态。(a)单峰对称正态分布曲线图，峰顶均在2—3级别中；(b)单峰不对称正态分布曲线图。左曲线陡立，右曲线外凸；(c)反“S”形曲线图，多分布于北带XR-130A、XR-494、Na-1、XR-104。晶体多为短柱状；(d)近平顶峰分布曲线图，见于XR-27E和XR-370样品中。此曲线形态是由邻近两个级伸长系数大致相等所造成；(e)斜(左高右低)

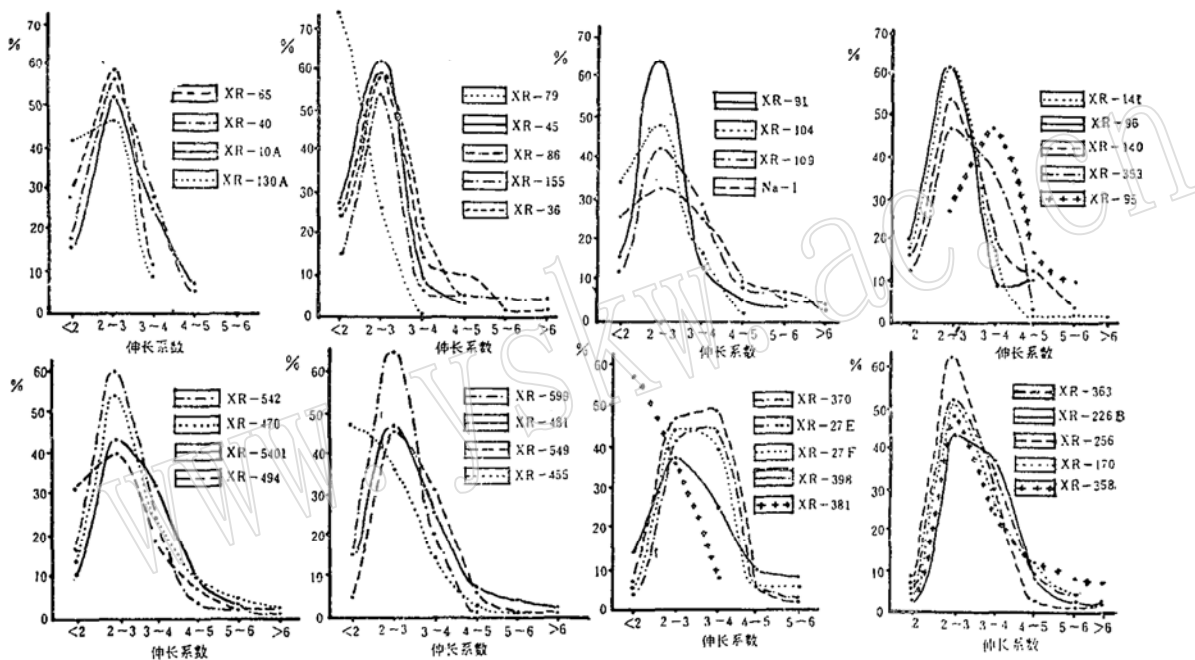


图2 锆石伸长系数统计曲线图

Fig. 2 Distribution of elongation coefficients of zircon

表3 各带和不同岩类中锆石伸长系数分布率

Table 3 Distribution of elongation coefficients of zircon in various belts and different granitic types

分布率	系数级 (长:宽)	各带中锆石伸长系数分布率			不同岩类中锆石伸长系数分布率		
		北带(羊八井)	中带(冈底斯)	南带(聂拉木)	花岗闪长岩	黑云母花岗岩	二云母花岗岩
(%)	<2	27.3	17.9	7.9	26.7	18.1	6.8
	2—3	50.4	45.4	49.3	44.8	51.4	47.9
	3—4	15.1	27.4	28.9	19.7	22.7	33.6
	4—5	4.5	5.3	9.1	4.8	6.2	6.6
	>5	2.7	4.0	4.7	4.0	1.6	5.1

曲线图。一般具有近等粒状, 伸长系数较低, 见于XR-79、XR-455、XR-381 样品中。 2) 锆石伸长系数分布规律 (a) 各带锆石伸长系数分布规律: 从表 3 可知, 锆石伸长系数分布率 (除 <2) 由北至南逐渐增大。也就是说, 岩体从老到新, 其锆石晶体由短柱状向长柱状过渡。(b) 不同岩类中锆石伸长系数的变化。见表 3, 从花岗闪长岩→黑云母花岗岩→二云母花岗岩, 其锆石晶体的 c 轴有变长的趋势。

4、锆石中包体的研究

笔者在研究西藏花岗岩类岩石中的锆石标型特征时, 发现锆石晶体中包含有气、液、固相包体。现将镜下观察到的锆石中各种包体归纳如下^[6]:

(1) 固相包体: 在锆石中发现的固相包体有磁铁矿、黑云母、磷灰石等细小矿物。锆石中的磁铁矿和黑云母是在双筒显微镜下检查强电磁性矿物中发现的。磷灰石细小针状矿物是在高倍偏光显微镜下发现的(见图 3), 它无色透明, 干涉色低, 平行消光。

(2) 气液包体: 在高倍偏光显微镜下可以清楚地见到锆石中有较多的气液包体。包体大小不一, 形态各异, 多呈圆球状或长椭圆状。它们在锆石中有的呈团状或呈环状分布, 还有的呈线状分布(见图4)。气液包体在锆石中分布量不均, 多者呈星点状, 有的仅见少数几个包体或根本没有。

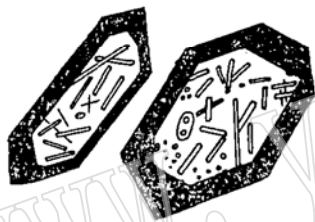


图 3 锆石中针状磷灰石等包体

Fig. 3 Acicular apatite and other inclusions in zircon

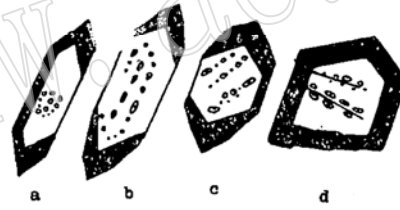


图 4 锆石中气液包裹体

Fig. 4 Fluid inclusions in zircons

气液包体可分为原生包体和次生包体。次生包体大部分呈线状分布, 与锆石裂纹有关。从大量观察和统计发现锆石中的包体数量与花岗岩的演化有密切关系。岩体时代越新, 锆石中的气液包体越密集。西藏南部喜山期二云母花岗岩和电气石花岗岩中挥发份较高, 因而反映出锆石等透明矿物中的气液包体数量明显高于冈底斯花岗闪长岩中的气液包体数量。

5、锆石的发光性

矿物的发光, 实质上是因矿物晶格吸收了较高的紫外光或X-射线的光量子能量, 它能够将矿物晶格中原子或离子的外层电子从基态激发到能量较高的激发态, 如果被激发到能量较高的激发态的电子落回到较低激发态时, 这时矿物即可发光。笔者将各样品中的锆石均进行了紫外光照射检查, 结果锆石全部发光, 但发出光的颜色有别, 一是桔黄色光; 二是土红色光。从中还发现: 年轻花岗岩(喜山期)中的锆石都发土红色萤光; 较老的花岗岩(燕山期)中的锆石大部分均发桔黄色萤光。锆石发出不同颜色的光, 可能与矿物本身成分中含有过渡元素和稀土元素的种数、含量多少有关, 或与锆石中气液包体的密集程度有关。这有待进一步验证和研究。

6、锆石表面特征

锆石矿物表面特征的不同,可以为正确解释和推断花岗岩成因提供信息。锆石的表面特征在低倍双筒显微镜下观察看不出有何变化。但在高倍(5000倍以上)扫描电镜下观察,则截然不同,有的锆石晶面呈花纹状(XR-455),见照片I-12;有的呈麻点状(XR-226B),见照片I-13;有的锆石晶面呈乌云状(XR-353),见照片I-15;有的锆石晶面具有平行解理状(XR-256),照片I-14。上述几种锆石晶面形态特征各异,那种属于原生的,那些属于磨蚀和熔蚀所造成的。笔者借用现代滨海砂中(水下200米)的锆石和热液型矿床中的锆石晶面及形态作了对比。滨海锆石仍具锆石轮廓。局部放大后,发现锆石表面为平整和光滑的,见照片I-16。这是海水动荡使矿物间磨损造成的结果。热液型锆石,其晶棱不清,呈浑圆状,经局部放大发现晶面有多处呈孤岛状,形态不一,见照片I-17。这可能是被热液溶蚀的结果。通过对比看出:其中两个锆石样(XR-353和XR-256)可能属于后期活动被熔蚀的结果;其余两个样(XR-455和XR-226B)既不像熔蚀,也不像磨损的,从表面特征看,可能属于原生锆石晶面结构。

7、锆石化学成分及其Zr/Hf比值

锆石单矿物主要是用X光荧光光谱仪分析的,分析项目Si、Zr、Hf。其分析结果见表4。锆石中铪(Hf)的含量较低,一般在1.5%(HfO₂)左右,与我国华南燕山晚期花岗岩中锆石相比约低2~4倍。据很多文献中介绍,不同岩性中的锆石Zr/Hf比值是不同的,其比值随着基性-中性-酸性变化而降低;不同时代所形成的锆石中Zr/Hf比值也有差异,是随着岩体时代变新而降低⁽⁷⁾。西藏各类花岗岩中锆石也具此规律:花岗闪长岩中锆石的Zr/Hf比值高于黑云母花岗岩和二云母花岗岩中锆石Zr/Hf比值;喜山期花岗岩中锆石Zr/Hf比值低于燕山期花岗岩中锆石Zr/Hf比值。

8、锆石晶体形态与岩石化学成分的关系

在不同花岗岩类中锆石的晶体形态、伸长系数和锆石中Zr/Hf比值是有区别的。它与原岩中K、Na、Si等元素含量多少有密切关系⁽⁸⁾。从图5中可看出:(1)锆石的伸长系数是随着岩石中Si及Na+K的含量增高而加大。图上可以清楚地划分为三个区:伸长系数<2为I区;伸长系数为2—3划为II区;伸长系数>3者为III区。短柱状锆石多分布在冈底斯岩带(I区);长柱状锆石多分布在南带(III区);其余的锆石则分布在北带(II区)。(2)锆石不同晶面的发育程度与岩石化学成分变化有关,在岩石中Si和Na+K含量低时,锆石柱面多出现(100)面,锥面多见(111)面。而岩石中Si和Na+K含量高时,锆石锥面多见(131)和(311)面,而(111)面少见或消失。柱面多见(100)和(110)两个晶面。(3)锆石中Zr/Hf比值与岩石化学成分Si—Na+K的关系:I区锆石中Zr/Hf比值均在41—49,III区锆石中Zr/Hf比值大部分在35以下,由此可见,锆石Zr/Hf比值随着锆石伸长系数增加和Si、Na+K含量增加而递减。

9、锆石的稀土元素分析及其模式

从37个样品中选出9个锆石样品,利用等离子光谱分析了15个稀土元素,其结果见表5。从表5和图6中看出:(1)锆石中的稀土元素含量都在958.8—6627.6ppm。其中含量在2000ppm左右者占多数。南带眼球状混合岩(XR-141)中锆石稀土元素含量高达6627.6ppm,二云母花岗岩中锆石稀土元素含量5231.7ppm,比中带花岗闪长岩中锆石稀土元素含量高近一倍(2632.7—2319.2ppm)。从而发现,锆石中稀土元素总量随岩石中SiO₂含量的增大而增

表4 锆石化学分析结果

Table 4 Chemical composition of zircon

分带	野外编号	岩石名称	含量 (%) (荧光光谱分析法)				
			SiO ₂	ZrO ₂	HfO ₂	总量	Zr/Hf
北带	XR-10A	绿帘石花岗岩	30.03	62.87	1.80	94.70	30.42
	XR-130A	黑云母花岗岩	31.61	61.81	1.35	94.77	40.14
	XR-65	黑云母花岗岩	33.81	59.79	2.02	95.62	31.89
	XR-40	黑云母花岗岩	24.54	58.25	1.26	84.05	40.30
	XR-45	黑云母花岗岩	26.66	59.13	1.51	87.30	34.20
	XR-36	黑云母花岗岩	28.36	61.32	1.35	91.03	39.82
	XR-155	黑云母花岗岩	32.25	64.61	1.35	98.21	41.59
	XR-86	黑云母花岗岩	28.57	58.62	1.30	88.49	39.46
	XR-79	黑云母花岗岩	31.89	66.94	1.42	100.25	41.30
	Na-1	黑云角闪花岗岩	34.82	62.08	1.28	98.18	42.17
XR-109	黑云母花岗岩	32.18	60.56	1.30	94.04	40.73	
中带	XR-5401	花岗闪长岩	31.54	61.35	1.30	94.19	43.31
	XR-494	花岗闪长岩	34.80	63.55	1.35	99.70	41.27
	XR-542	花岗闪长岩中包体	31.89	59.82	1.18	93.89	44.28
	XR-470	绿帘石花岗岩	31.36	61.80	1.39	94.55	38.77
	XR-481	花岗闪长岩	31.44	62.11	1.43	94.98	38.00
	XR-549	黑云母花岗岩	29.63	64.01	1.65	95.26	33.85
	XR-455	花岗闪长岩	32.93	62.66	1.40	96.99	38.98
	XR-599	黑云母花岗岩	33.87	61.57	1.46	99.90	36.76
	XR-398	花岗闪长岩	33.48	61.76	1.36	96.60	39.76
	XR-381	花岗闪长岩	32.25	62.69	1.11	96.05	49.37
南带	XR-27E	二云母花岗岩	30.55	64.06	1.80	96.41	30.97
	XR-226B	二云母花岗岩	33.00	62.85	1.67	97.52	32.77
	XR-256	黑云母花岗岩	32.16	61.28	1.51	94.95	35.45
	XR-358	二云母花岗岩	31.99	65.38	2.07	99.44	27.50
	XR-353	二云母花岗岩	28.62	56.59	1.43	86.64	34.69
	XR-95	黑云母花岗岩	30.96	63.09	1.51	95.56	36.49
	XR-96	花岗岩	31.67	65.35	2.34	99.36	24.43
	XR-140	电气石花岗岩	31.44	66.71	1.75	99.90	33.37
	XR-141	眼球状混合岩	31.67	62.61	1.52	95.80	35.95

分析单位: 冶金部天津冶金地质研究院

大。(2) 从锆石中稀土元素分布来看, 重稀土元素含量明显高于轻稀土元素含量 ($\Sigma Y \gg \Sigma Ce$)^[9], 其中中稀土元素 (Sm—Ho) 在锆石中含量较稳定, 一般占总稀土元素含量的 10% 左右。锆石中的轻、重稀土元素含量随形成早晚有所改变, 南带喜山期锆石中轻稀土元素含量极低 (占锆石中稀土总量的 1.58—3.45%)。(3) 锆石中 Eu 的含量均具有亏损特征, 在稀土元素分布模式图上呈“V”字型, 具负 Eu 异常。Eu 的亏损可用 δEu 表示。 δEu 值越大, 其 Eu 的亏损程度越小。反之, δEu 值越小, 而 Eu 的亏损越大。南带喜山期锆石中 Eu 的亏损比其余各带中锆石 Eu 的亏损更为明显。这一现象可能与原岩分异作用有关。

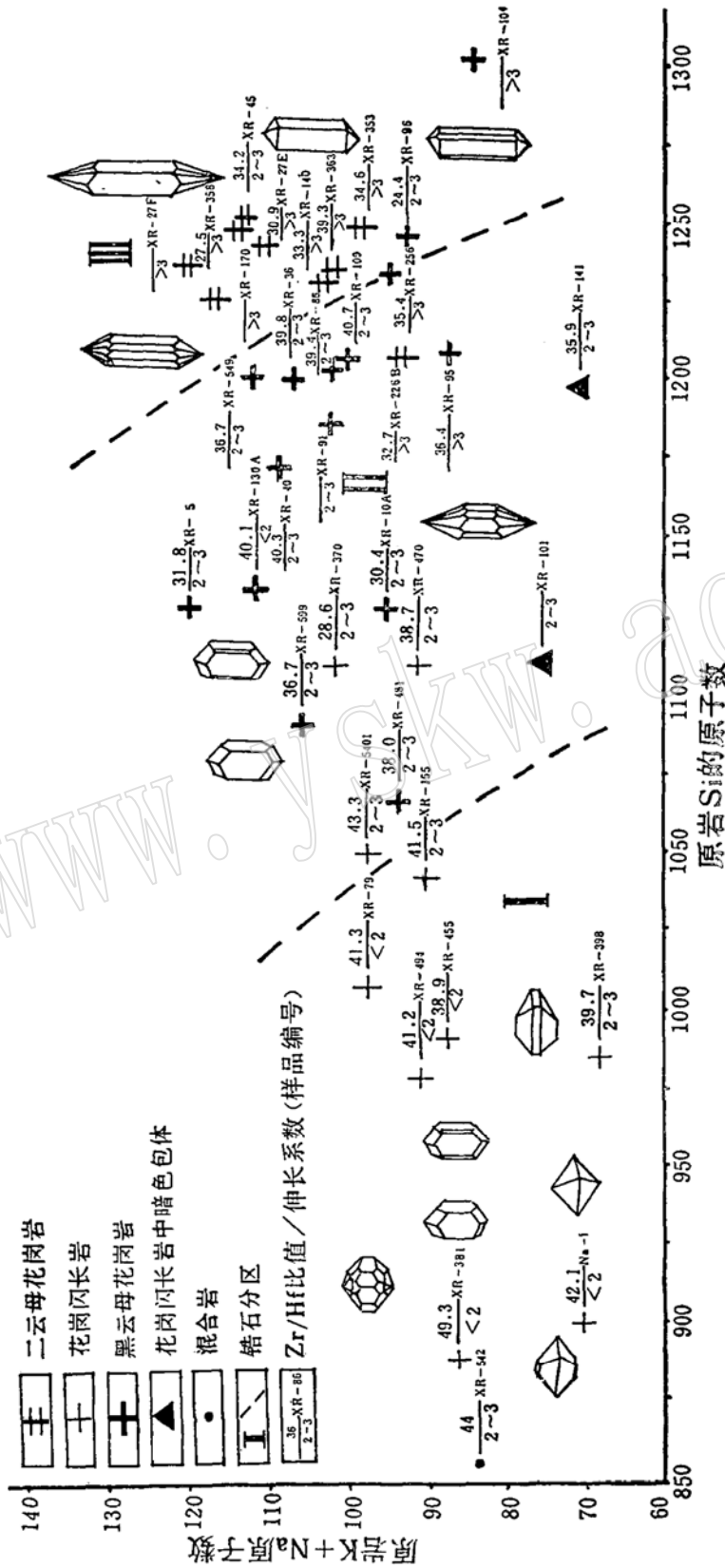


图 5 锆石伸长系数、Zr/Hf、晶面符号与原岩Si—K+Na的关系
Fig. 5 Relationships of elongation coefficient, Zr/Hf ratio and face symbol of zircon to Si—K+Na in granitoids

表 5 锆石中稀土元素分析结果

Table 5 REE content of zircon

分带	北带		中带				南带			
	XR-10A	XR-40	XR-398	XR-494	XR-370	XR-542	XR-353	XR-256	XR-141	
稀 土 元 素 (ppm)	La	65.73	26.86	80.73	16.10	37.74	17.12	46.58	5.75	558.10
	Ce	144.70	107.50	188.30	42.34	87.89	88.81	112.40	40.73	1126.00
	Pr	18.76	10.77	25.15	4.12	11.53	5.61	20.65	6.80	137.74
	Nd	37.85	2.34	69.90	5.02	21.71	—	0.68	—	423.70
	Sm	14.71	8.08	20.24	4.32	7.51	5.57	18.10	5.61	101.00
	Eu	2.47	3.30	2.76	1.32	1.60	3.41	2.58	2.25	7.60
	Gd	24.72	29.40	32.14	13.52	15.87	27.82	53.69	31.36	97.09
	Tb	10.80	14.89	11.59	4.28	6.54	12.72	30.39	17.95	28.70
	Dy	104.00	133.90	105.20	42.00	59.00	120.90	298.40	178.10	263.30
	Ho	45.12	56.90	41.17	19.82	23.31	50.49	121.00	76.58	100.30
	Er	212.30	251.20	170.70	75.42	97.76	220.30	502.10	334.00	426.90
	Tm	56.07	62.02	39.68	17.66	23.00	54.37	117.70	81.23	102.70
	Yb	550.60	572.20	341.70	168.12	199.40	500.70	981.80	726.40	862.70
	Lu	127.80	129.50	70.88	38.42	41.84	109.90	192.60	160.30	173.80
Y	1297.00	1587.00	1119.00	506.36	641.80	1415.00	2733.00	1704.00	2218.00	
Σ	2712.63	2995.92	2319.20	958.82	1276.5	2632.72	5231.67	3371.26	6627.59	
比 值	ΣCe/ΣY	0.117	0.056	0.200	0.083	0.152	0.048	0.040	0.019	0.551
	Ce/Y	0.112	0.068	0.163	0.084	0.137	0.063	0.041	0.024	0.508
	Sm/Nd	0.389	3.453	0.290	0.361	0.346	—	28.618	—	0.238
	La/Sm	4.42	3.32	3.99	3.73	5.03	3.07	2.57	1.03	5.53
	δEu	0.456	0.724	0.380	0.596	0.518	0.875	0.287	0.528	0.254

分析单位：地矿部测试所

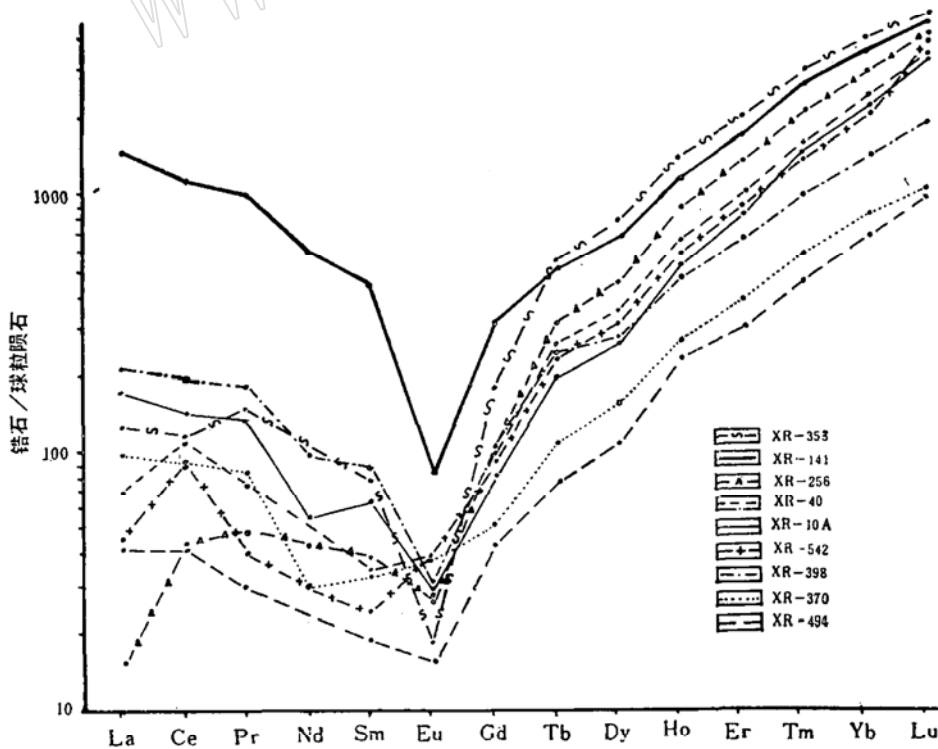


图 6
锆石中稀土元素
球粒陨石分布模式
Fig. 6 Chondrite-
normalized REE
patterns of zircon

三、结 语

1、西藏各类花岗岩中的锆石含量均低于我国华南地区各类花岗岩中锆石含量的2—3倍。锆石含量从北往南有逐渐降低的趋势。

2、西藏各类花岗岩中锆石的 Zr/Hf 比值也具有从中性（花岗闪长岩）到酸性（黑云母花岗岩和二云母花岗岩等）降低趋势。从时代上看，喜山期花岗岩中的锆石 Zr/Hf 比值低于燕山期花岗闪长岩中锆石 Zr/Hf 比值。

3、锆石的伸长系数是随着岩石中 Si 及 K + Na 的含量增加而加长。喜山期花岗岩中之锆石，其伸长系数（3—5）明显低于其它各岩体中的锆石伸长系数（2—3）。

4、锆石各晶面的出现与岩石化学成分有密切关系。原岩中 Si 及 Na + K 的含量低时（北带），锆石晶形多出现（100）和（111）晶面。相反，原岩中 Si 及 Na + K 的含量较高时（南带），锆石晶面多出现（110）、（311）和（131）等复杂晶面。

5、喜山期花岗岩锆石中气液包体的数量明显高于曲水等地燕山期花岗闪长岩中的锆石气液包体。

6、锆石中稀土元素是以重稀土元素为主，从稀土模式图上看：具有明显的负 Eu 异常，锆石中重稀土元素的含量是随着原子序数增加而加大的。

7、在双筒镜下还发现部分锆石样品中有个别锆石晶形棱角不清，略具浑圆状。此现象，通过同位素年龄测定得到了解释，浑圆状锆石可能属时代较老的^[10]。

参 考 文 献

- [1] 涂光炽、张玉泉、王中刚等，1982，西藏南部花岗岩类地球化学。科学出版社。
- [2] 周云生、张魁武等，1981，喜马拉雅花岗岩带，西藏岩浆活动和变质作用。科学出版社
- [3] 丁孝石，1986，西藏中南部各类花岗岩中磁铁矿标型特征的研究。岩石矿物学杂志，第5卷，第1期，第53页。
- [4] 武汉地质学院，1980，岩浆岩岩石学（下）。地质出版社。
- [5] 广东地质局中心实验室，地质部第二海洋地质大队实验室，1979，砂矿物图册，第69页，地质出版社。
- [6] 何知礼，1982，包体矿物学。地质出版社。
- [7] Коомерин, А. В., Шевалеевский, И. Д., И ДР. 1960. Об отношении Zr/Hf в цирконовых некоторых изверженных породах североного склона. Геохимия, No. 5. с. 451-454.
- [8] 苏贤泽、潘晶铭，1973，锆石类矿物的标型特征。地球化学，第2期，科学出版社。
- [9] Коваленко, В. И., Владыкин, Н. В., И ДР. 1979. Об индикаторной роли европия в акцессорных минералах гранитоидов. Геохимия, с. 1289-1305.
- [10] 许荣华、金成伟，1984，西藏曲水岩基的时代研究。地质科学，第4期，科学出版社。

A Study of Typomorphic Characteristics of Zircon from Granitoids in Central and Southern Xizang (Tibet)

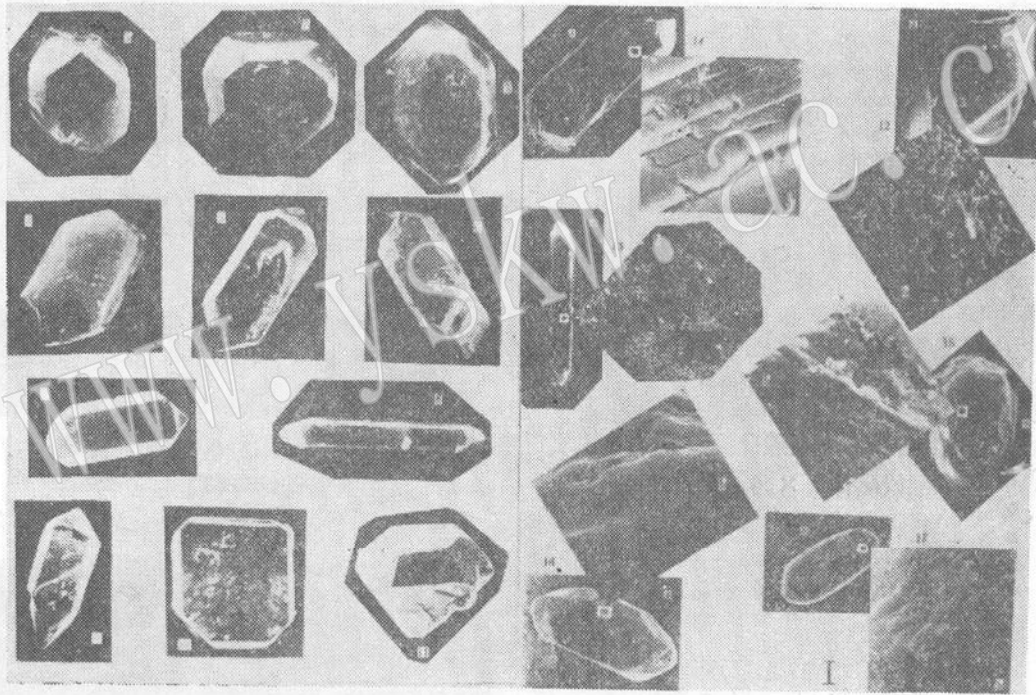
Ding Xiaoshi

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Key words: zircon; granitoids; typomorphic characteristics; Xizang

Abstract

The granitoids in central and southern Xizang can be divided from north to south into three belts, i. e., the Gangdisi belt, the Lhagoi-Gangri belt and the Himalayan belt. Though belonging unexceptionally to the calc-alkaline series, the granitoids are characterized by different rock types in different belts with granodiorite occurring mainly in Gangdisi, gneissic two-mica granite in Lhagio-Gangri and muscovite granite and tourmaline granite in Himalayan. In addition, zircons from granitoids have diverse typomorphic characteristics in different belts: (1) the content of zircon in granitoids gradually decreases from north to south; (2) the Zr/Hf ratio of zircon decreases as the acidity of the rocks grows higher and the age of the rocks becomes younger; (3) the elongation coefficient of zircon rises with the increasing Si—K + Na contents of the granitoids; (4) (100) and (111) crystal faces of zircon are much developed where Si, K and Na contents of granitoids are relatively low in the Gangdisi belt, while (110), (311) and (131) faces of zircon are extensively seen in the Lhagio-Gangri and the Himalayan belt whose granites have higher contents of Si, K and Na; (5) As for REE, the zircon is dominated by HREE, with a HREE/ Σ REE proportion of more than 80%.



照片 I. 锆石晶体及其表面局部放大

- 1—XR-381 $\times 170$, 2—XR-455 $\times 250$, 3—XR-495 $\times 200$, 4—XR-45 $\times 300$, 5—XR-130A $\times 250$,
6—XR-45 $\times 180$, 7—XR-10A $\times 200$, 8—XR-141 $\times 250$, 9—XR-45 $\times 250$, 10—XR-79 $\times 350$,
11—XR-494 $\times 250$, 12—XR-455 a $\times 250$; b $\times 2500$, 13—XR-226B a $\times 200$; b $\times 4000$,
14—XR-256 a $\times 200$; b $\times 4000$, 15—XR-353 a $\times 300$; b $\times 2500$, 16—海滨锆石 a $\times 250$; b $\times 15000$,
17—热液型锆石 a $\times 300$; b $\times 10000$