淡竹片麻状花岗岩中重结晶锆石的形态及其意义*

汪 相　王德滋　周新民
（南京大学地球科学系，南京 210008）

关键词　锆石、重结晶作用、前寒武纪、片麻状花岗岩

地壳的起源和演化是当今地学研究中最引人注目的焦点之一，而花岗质岩石则是前寒武纪地壳研究的重要内容之一．目前，人们已经证实最早的花岗质岩石的年龄与地壳中最古老的岩石年龄是一致的[1]．然而，由于经受了多次构造-变质-岩浆活动，绝大部分前寒武纪的花岗质岩石以片麻状花岗岩类产出．因此，该类花岗岩中的锆石的成因归属就成为一个关键问题，它不仅决定了原岩性质的判别，而且还影响到该区地壳演化历史的反溯．显然，如果存在重结晶锆石并具有标志性特征，那么对于片麻状花岗岩类的成因、变质作用的性质和强度，以及对于经历过多次构造旋回的锆石的年龄不一致的解释，具有重要的指示意义．

本文以浙西南前寒武纪的淡竹岩体为例，研究该片麻状花岗岩中锆石的形态特征及其成岩意义，从而提高对浙西南前寒武纪的地壳演化历史的认识．

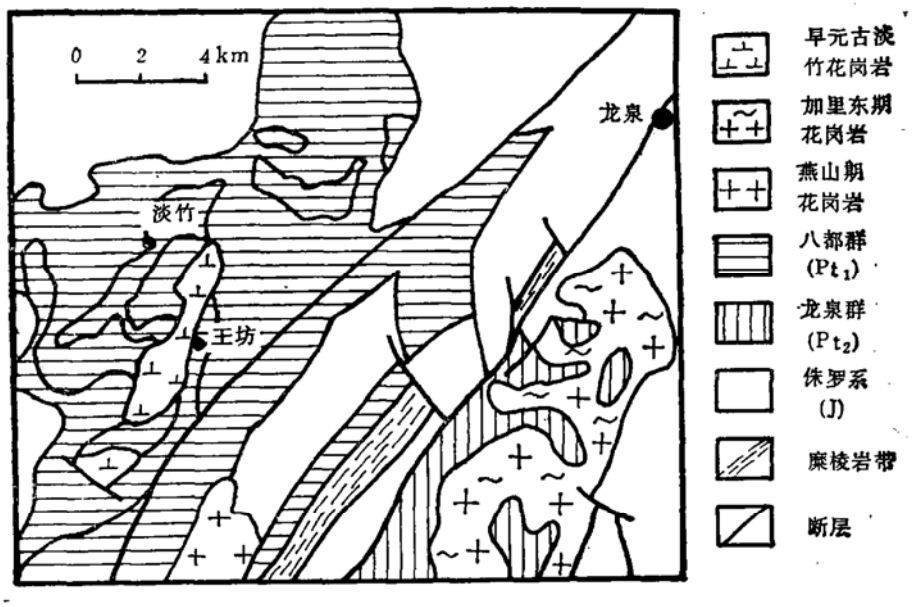


图 1　淡竹花岗岩体及邻区地质略图[2]

1992-03-23 收稿，1992-05-03 收修改稿
* 国家自然科学基金资助项目

一、样品地质与分析方法

淡竹片麻状花岗岩出露于浙江龙泉县城西南淡竹与王坊村之间，在地质构造上处于淡竹穹窿状背斜的核心部位，出露面积约 1km²（图1）。该花岗岩具有花岗变晶结构和片麻状构造，其矿物组合和化学成分相当于花岗闪长岩。无论在结构构造方面还是在物质组成方面该岩石都与围岩呈渐变关系[2]。

本文利用从该岩石中分选出来的锆石颗粒，进行锆石的晶形（自形度和延长度）和晶型的研究。锆石的晶型是由其柱面（{100}～{110}）、锥面（{101}～{211}）的相对发育程度所界定的，Pupin 将它们归纳为 16 种基本晶型[3]。虽然不同岩体中锆石的形态是变化多端的，但在整体上，某一岩体中的锆石群必然具有与其形成条件一致的诸方面形态特征；反之，只有系统地观察锆石的形态，才能区分出不同成因的锆石群，从而确定其成岩意义。

二、观察结果与成因讨论

对淡竹片麻状花岗岩中锆石的显微镜下形态观察发现，该锆石群具有相对均匀的形态特

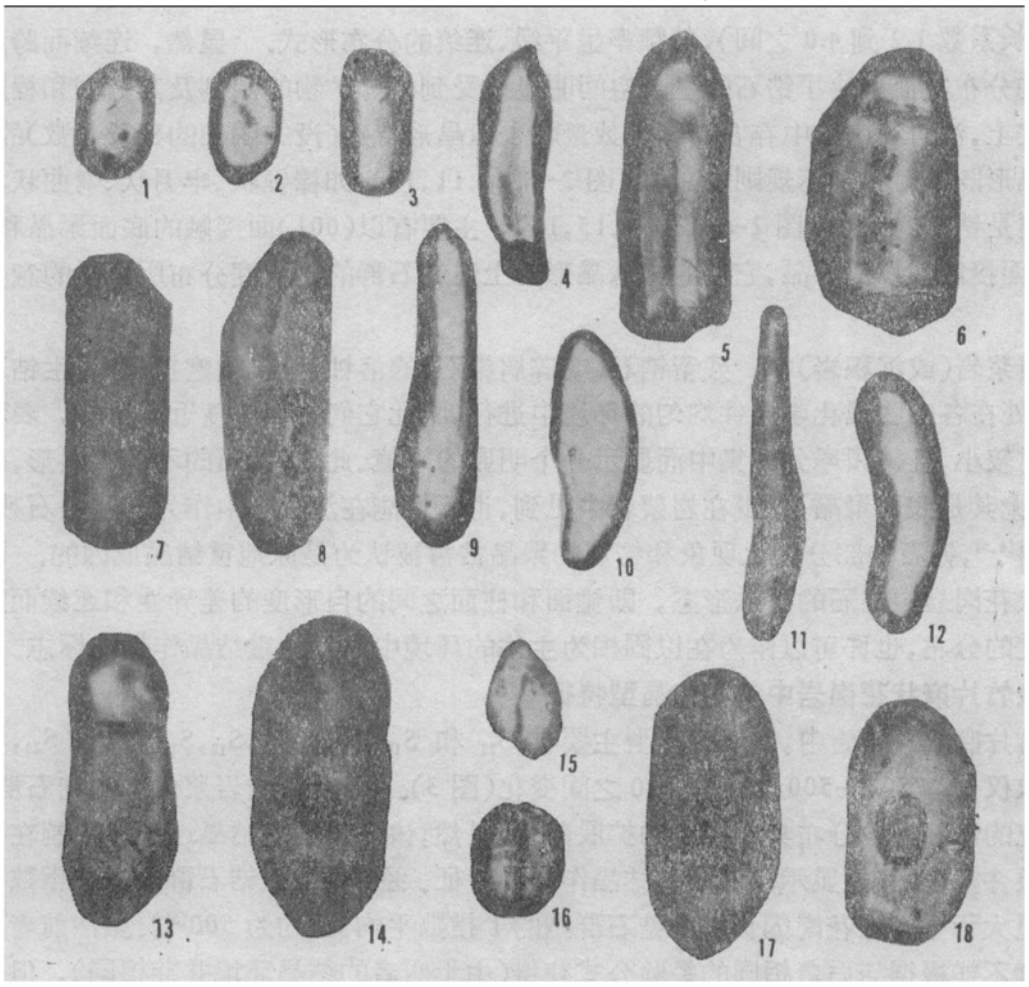


图 2　淡竹片麻状花岗岩中锆石的特征性形态[晶体长度(mm)]

1. 0.095,　2. 0.100,　3. 0.123,　4. 0.225,　5. 0.285,　6. 0.210,
7. 0.145,　8. 0.198,　9. 0.180,　10. 0.165,　11. 0.320,　12. 0.140,
13. 0.205,　14. 0.145,　15. 0.095,　16. 0.095,　17. 0.120,　18. 0.180

征(除了个别锆石的内部包裹残留锆石外),由此表明该岩石中锆石群的成因单一性. 然而,各个锆石的晶形和晶型特征并非完全相同的,而具有一定的变化范围,据此可作为判别其成因的依据.

1. 淡竹片麻状花岗岩中锆石的晶形特征

(1) 自形度. 在淡竹片麻状花岗岩中,锆石的自形度相对较高,大多呈半自形晶体(图 2-1,2). 仔细观察后发现,晶体的锥面和柱面的自形度具有一定的差异,表现为: ①锆石的晶棱在锥面部分虽然有所消失,而在柱面部分则保存完好(图 2-3,4),显示了前者的圆化现象并非源于机械磨损;②然而,在该类锆石的柱面部分,经常可以发现棱角明显的凹陷(图 2-5,6),这些凹陷由于面积较大、无方向性而不能认作为后期的化学蚀刻成因; ③在部分锆石颗粒上,可以见到完好但呈内凹弧形的柱面棱线,它往往伴随着一侧晶体表面的向内弯曲(图 2-7,8). 上述现象显示了锆石在垂直于 c 轴方向上的生长曾受到其它固体矿物相的限制,而在平行于 c 轴方向上,锆石与熔体(或溶液)之间存在着生长与熔蚀(或溶蚀)的不平衡性. 因此,淡竹片麻状花岗岩中锆石的锥面和柱面之间的自形度的差异性很可能是由于其生长环境中存在着应力的影响.

(2) 延长度 (晶体的长度/宽度). 在淡竹片麻状花岗岩中锆石的延长度具有很大的变化范围(延长系数 1.2 到 4.0 之间),其频率呈平缓、连续的分布形式. 显然, 连续而跨度较大的延长度的分布特征反映了锆石的生长空间明显地受到相邻矿物的限制及其范围和程度的差异性. 事实上,淡竹花岗岩中存在着两类数量较少但晶形特殊(没有明确的延长系数)的锆石:① 一类是晶形既不对称又不规则的晶体 (图 2-9,10,11,12),如棒锤状、半月状、弯曲状、扭曲状; ②另一类是锆石的聚晶 (图 2-6,13,14,15,16), 主要有以(001)面接触的底面聚晶和以(100)或(110)面接触的柱面聚晶,它们的特殊晶形与上述锆石群的延长度分布所呈现的意义是完全一致的.

在岩浆岩(或沉积岩)中, 残留锆石(或碎屑锆石)的溶蚀(或机械磨损)和原生锆石的结晶生长,皆处在各向物理化学条件均匀的环境中进行,因此它们的自形度近于相等, 表现为延长系数相对较小,且其频率分布集中而显示一个明显的峰值.此外,锆石的不规则晶形,以及锆石的聚晶(尤其是底面聚晶)很少在岩浆岩中见到,也不可能在沉积岩中作为碎屑锆石残存.而据文献资料[4,5],锆石的部分圆化现象和锆石的聚晶常常被认为是原地重结晶成因的. 因此, 淡竹片麻状花岗岩中锆石的特殊形态, 即锥面和柱面之间的自形度的差异性和连续而跨度较大的延长度的分布,也许可以作为在以固相为主体的环境中锆石的重结晶作用的标志.

2. 淡竹片麻状花岗岩中锆石的晶型特征

淡竹片麻状花岗岩中,锆石的晶型主要有 S_{23} 和 S_{18} 以及 S_{17},S_{12},S_{13},S_{22} 和 S_{24},其T指数和A指数仅仅在 700—500、300—500 之间变化(图 3). 与花岗质岩浆岩中的锆石群型相比,本文研究的锆石群型分布具有较小的扩展范围.显然,该类锆石的结晶过程被限制在一定的物理化学条件范围内,故显示了变质重结晶作用的特征. 经计算, 该锆石群型的T指数平均值为 605,明显大于重熔型花岗闪长岩中锆石群型的T指数平均值(约为 500[6]). 虽然前者所代表的结晶温度不能根据与后者相同的经验公式获得(由于两者的结晶环境并非相同), 但是相对而言,它仍然表明了重结晶锆石的结晶温度接近或超过硅铝质岩石的部分熔融温度.据 Winkler 的实验研究[7],在区域进变质作用的升温过程中, 硅铝质原岩可以产生选择性重熔现象, 形成具有高度化学活动性和高度渗透能力的、富含 K,Na,Si 等组分的低共熔岩浆;而 Watson 的

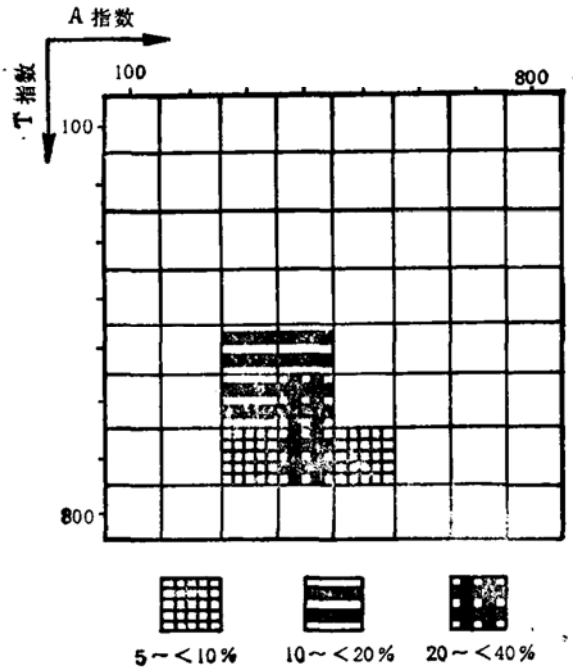


图 3　淡竹片麻状花岗岩中锆石的晶型分布示意图(统计的锆石数大于 100)

T 指数、A 指数——其数值(100—800)分别取决于锆石的柱面{100}与{110}、锥面{101}与{211}的相对发育程度,并分别与锆石结晶时的岩浆温度、$(Na+K)/Al$ 比值成正相关[3]

实验研究[8]表明,锆的溶解度与溶体中 $(K+Na)/Al$ 比值成正相关.因此,淡竹片麻状花岗岩中的锆石很可能代表了重熔过程中残留锆石的溶解和再沉淀的结果,而它们较高的T指数平均值可能反映了原岩具有较低的含水量,故产生重熔作用的温度相对较高. 事实上,在本研究样品中,笔者发现 3—4 颗锆石的残核被包裹在重结晶锆石之中,这些残核因具有圆化和暗色等特征而与外围的重结晶锆石截然不同(图 2-17,18)。此外,在淡竹片麻状花岗岩的同源包体中,发现普通角闪石向辉石转化的现象,说明了原岩曾遭受高温变质作用和脱水反应[1]。

三、结　论

鉴于上述锆石的形态特征,以及已有的同位素资料(八都群的变质作用高峰期为 1800—1900Ma,淡竹片麻状花岗岩的锆石年龄为 1878Ma)[2]。笔者认为淡竹片麻状花岗岩中的锆石是早元古代中高温角闪岩相变质高峰期、区域热流和构造应力的加强所导致的硅铝质岩石选择性重熔和重结晶作用的产物。锆石中锆石残核的存在,意味着它所指示的该片麻状花岗岩的原岩具有更老的年龄值,因此很可能在附近存在着更古老的陆壳剥蚀区。

参　考　文　献

[1] Black, L.P., Williams, I.S. & Compston, W., *Contrib. Mineral. Petrol.*, **94**(1986), 427—437.
[2] 胡健雄、许金坤、童朝旭、陈程华,浙西南前寒武纪地质,前寒武纪地质,第 5 号,地质出版社,1991.
[3] Pupin, J.P., Turco, G., *Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr.*, **95**(1972), 348—359.
[4] Kalsbeek, F., Zwart, H.J., *Geol. Mijnb.*, **46**(1967), 1—10.
[5] Jocelyn, J., Pidgeon, R.T., *Mineral. Mag.*, **39**(1974), 587—594.
[6] Pupin, J.P., *Contr. Mineral. Petrol.*, **73**(1980), 207—220.
[7] Winkler, H.G.F., *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*, Springer-Verlag, **1975**.
[8] Watson, E.B., *Contr. Mineral. Petrol.*, **70**(1979), 407—419

1) 姚玉鹏,南京大学地球科学系硕士论文,1991