

文章编号: 1009 - 0258(1999)03 - 0024 - 07

招远—莱州地区花岗岩类 继承锆石年龄及其意义

罗镇宽, 关康, 苗来成, 黄佳展

(天津地质研究院, 天津 300061)

摘要: 招远—莱州地区花岗岩类锆石 SHRIMP 研究表明, 该区花岗岩类含有大量不同时代的继承锆石。3446 ±2Ma ~ 3114 ±4Ma 继承锆石的发现, 表明鲁东地区存在古太古代硅铝核。大量印支期继承锆石的年龄 (平均年龄 219Ma) 与华南、华北克拉通碰撞时代一致, 推测这些锆石极可能来自其源岩——华南、华北克拉通碰撞造山花岗岩, 从而否定了玲珑型花岗岩主要是由胶东岩群交代-重熔形成的传统认识。郭家岭型花岗岩闪长岩中含有较多新太古代和古元古代继承锆石, 表明其源岩有较多的胶东岩群和荆山岩群变镁铁质岩石和(或) TTG 岩系的硅铝质岩石。

关键词: 花岗岩类; 继承锆石; 源岩; 重熔; 五莲-荣成断裂带

中图分类号: P597. +3; P588. 12 +1 **文献标识码:** A

招远—莱州地区花岗岩类锆石 SHRIMP (Sensitive High Resolution Ion Microprobe) 年代学研究精确地测定了玲珑型 (含滦家河型) 花岗岩的年龄为 160 ~ 150Ma; 郭家岭型花岗岩闪长岩的年龄为 130 ~ 126Ma; 玲珑金矿田成矿后花岗斑岩脉的年龄为 120 ±2Ma^[1]。作为这一研究的另一重要收获是在上述岩体中发现大量的继承 (残留) 锆石, 其年龄从古太古代至晚中生代, 为研究该区地质构造演化和花岗岩成岩作用提供了十分重要的信息。

1 鲁东地质构造背景

80 年代以来, 随着板块-地体构造研究的新进展^[2,3], 人们逐渐认识到郯庐断裂以东, 五莲-荣成断裂以北的鲁东地区是一构造-地层地体 (图 1), 即胶北地体。该地体前寒武纪地层发育, 其下伏新太古代胶东岩群属绿岩建造, 上覆有古元古代粉子山群和荆山岩群, 属孔兹岩系^[4], 再上为新元古代蓬莱群 (盖层) 碎屑岩和碳酸盐岩, 缺失整个古生代地层, 中新世代陆相碎屑岩和火山岩分布在隆起区两侧盆地中。

收稿日期: 1999 - 05 - 07; 修订日期: 1999 - 08 - 26; 编辑: 游文澄

第一作者简介: 罗镇宽 (1937 -), 男, 湖南浏阳市人, 教授级高级工程师, 长期从事矿床地质研究工作。

本基金项目得到中国—西澳经济技术基金的资助, 参加工作的还有西澳地质大学战略矿床研究中心的王良根博士、N.J. Menuaghton 博士、D. I. Groves 教授。

郯庐断裂是东亚一条巨型 NNE 走向的左旋平移走滑断裂带,它可能形成于中生代中侏罗世^[5],它的巨大的左旋平移似已为多数人所接受^[6]。晚白垩世该断裂由左旋平移转为右旋拉张,形成沂沭裂谷盆地和胶莱拉分盆地。

五莲-荣成断裂带的重要意义 80 年代以来才引起人们的重视。沿断裂发育有超镁铁质岩带、榴辉岩带、高压变质带、韧性剪切带^[2,7]。在地球物理场特征上,断裂带的航磁和重力梯度明显。据地球物理场计算得知断裂为一莫霍面隆起带,莫霍面较断裂带南北两侧上隆达 3km^[8]。至此,人们才认识到它与苏北-胶南地体一起可能是秦岭-大别山造山带东段的北移,五莲-荣成断裂带是一古缝合线或古俯冲带^[2]。

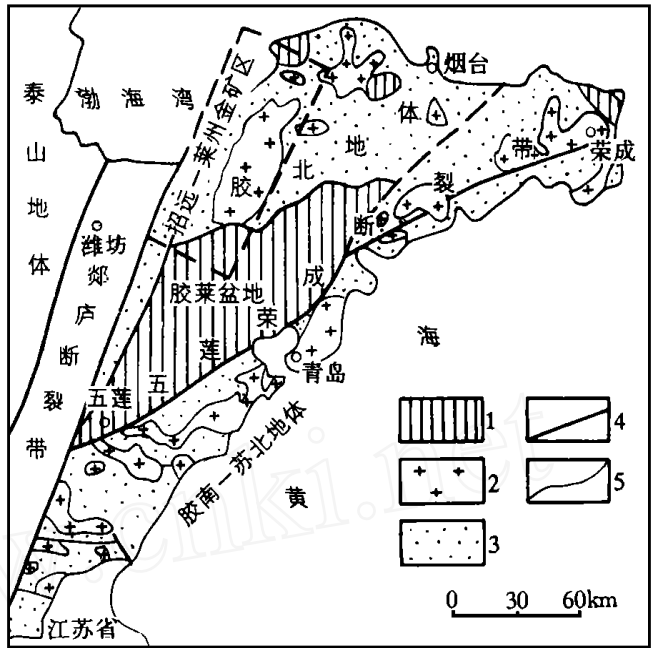


图 1 鲁东地区地体构造拼贴图

Fig. 1 Map of the terranes piece-together in east of Shandong

- 1—中生代地层; 2—中生代花岗岩; 3—太古宙—元古宙地层;
- 4—主断裂; 5—地质界线

2 继承锆石的确定及其年龄分布

招远—莱州地区花岗岩锆石 SHRIMP 研究的样品分别采自玲珑型(含滦家河型)花岗岩和郭家岭型花岗闪长岩 11 个有代表性的岩体和玲珑金矿田 1 个成矿后花岗斑岩脉。锆石是从 5~10kg 新鲜岩石样品中通过人工重砂淘洗分离,最后从双目镜下挑选出来的。然后用环氧树脂将锆石胶合在一个小平台上,磨光至一半,照像,最后镀金(使晶面产生最大导电性)。同时西澳大学的标样锆石(CZ3)也一并粘在被测样品附近,每对样品进行两点分析后再对标样进行一次分析,以控制离子计数统计的精确性。锆石 U-Th-Pb 分析是在西澳地质调查所、西澳大学和 Curtin 大学三家共同拥有的 SHRIMP()上完成的,每个点的测定结果都是 7 次测定数据的加权平均值,每个测点的 U, Th, Pb 含量和各种比值以及年龄的计算均由计算机自动完成。在年龄计算中,使用 Compston(1984)^[9]的²⁰⁴Pb 校正方法校正普通铅;普通铅组成是以 Cumming 和 Richard(1984)的模式确定的;衰变常数为 Steiger 和 Jager(1977)^[10]给定的值;年龄的置信水平为 95%(2)。由于年轻锆石(<1000Ma)中放射成因的²⁰⁷Pb 含量很低,在分析中产生低的离子计数和大的计数误差,因此均采用²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄。对于 >1000Ma 的锆石则采用²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 的年龄。

招远—莱州地区与金矿化有关的花岗岩类经历复杂的演化历史,含有多种不同年龄的锆石,即除含有岩浆锆石外,还含有大量老地质体的继承(残留)锆石和某些岩浆锆石因放射成因铅丢失而产生较小年龄的锆石。大量不同时代的继承锆石为探讨区域构造-岩浆活动史提供了依据。只有正确区分这些锆石才能获得准

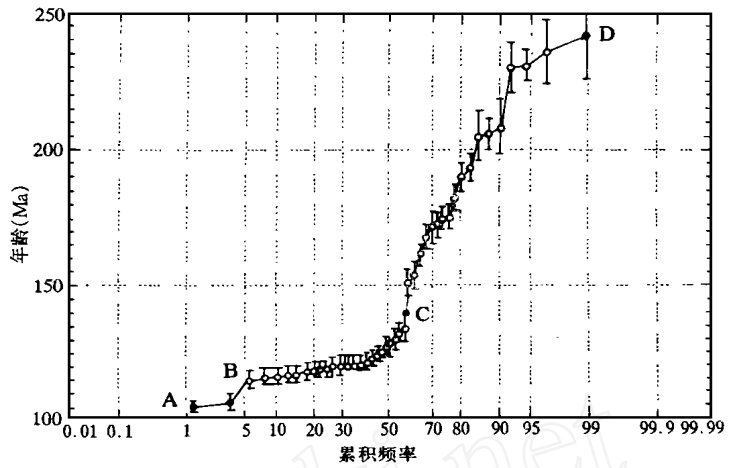


图2 LX-53 样品锆石年龄累积频率图

Fig. 2 Frequency map of zircon ages from sample LX-53

确的岩浆锆石的年龄,才能进一步讨论与继承锆石有关的问题。一般来讲,同时结晶的岩浆锆石在分析误差范围内应当产生连续一致的年龄结果,故在锆石年龄累积图上,岩浆锆石投点在允许范围内是一条近水平的直线(高斯分布,图2,B—C段),而那些明显偏低(图2,A—B段)和明显偏高(图2,C—D段)的年龄值分别属丢失了放射性成因铅的岩浆锆石和老地质体继承(残留)锆石。

表1 玲珑型花岗岩的继承锆石年龄

Table 1 Inherited zircon ages of Linglong granites

时代	继承锆石数 (占测定锆石的百分数)	继承锆石年龄 (Ma) *
晚古生代—早中生代 (印支期)	47 颗(80%)	2 12 ±7, 184 ±13, 294 ±9, 195 ±5, 206 ±7, 214 ±5, 205 ±4, 225 ±5, 258 ±4, 239 ±9, 305 ±9, 175 ±4, 201 ±3, 210 ±4, 171 ±3, 170 ±3, 177 ±3, 312 ±8, 228 ±5, 2 26 ±6, 176 ±4, 239 ±7, 192 ±8, 172 ±17, 227 ±8, 205 ±6, 264 ±11, 199 ±6, 224 ±6, 205 ±6, 188 ±5, 206 ±6, 215 ±6, 224 ±6, 224 ±6, 236 ±6, 198 ±5, 280 ±8, 229 ±6, 254 ±7, 207 ±6, 179 ±5, 243 ±7, 176 ±5, 287 ±8, 239 ±7, 245 ±7, 225 ±6
古生代	3 颗(5%)	386 ±9, 378 ±9, 494 ±3
新元古代	4 颗(7%)	658 ±11, 783 ±13, 772 ±20, 623 ±17
古元古代	3 颗(5%)	1869 ±8, 2071 ±129, 1844 ±13
新太古代	1 颗(1.7%)	2879 ±12
古太古代	1 颗(1.7%)	3446 ±2

* 全部年龄值取自 LD-20, LX-13, JMS-1, GD-1, MS-5, LJH-1, BG-1 七个样品分析结果。

2.1 玲珑型花岗岩的继承锆石

玲珑型花岗岩的继承锆石数量多,7 个样品 137 颗锆石的 148 个测点有 59 颗锆石的

60 个测点属继承锆石,占 43 % (表 1)。有些锆石的内核为继承锆石,外环则为岩浆锆石,但更多的情况下,继承锆石是以单个透明自形晶出现的,因此,除测其年龄外,不易将其与岩浆锆石分开来。59 颗继承锆石的年龄从太古宙至中生代均有分布。其中以晚古生代至早中生代(后者简称印支期)的继承锆石最多(47 颗),占 59 颗继承锆石的 80 %,年龄范围从 312 ~ 170Ma,平均为 220Ma,中值为 250Ma(图 3a)。这与华北、华南克拉通的碰撞时代一致^[11]。

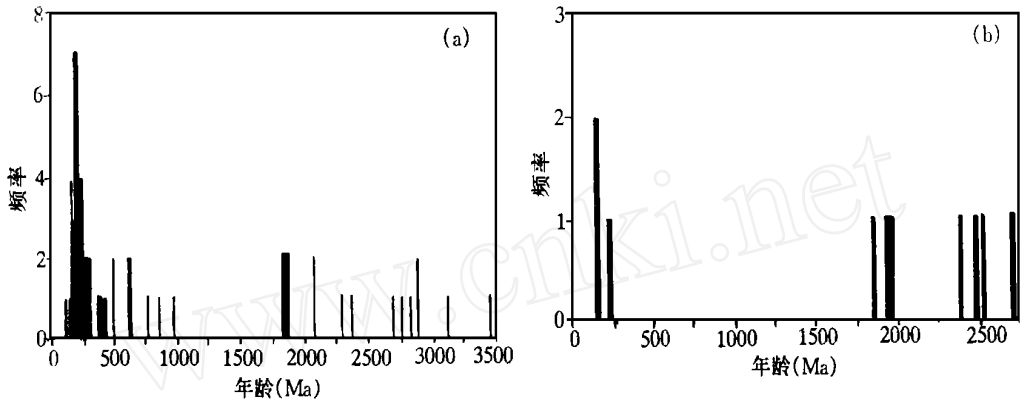


图 3 继承锆石年龄直方图

Fig. 3 Bar chart of inherited zircon ages

(> 10000Ma 为 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄,其余为 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄)

(a) 玲珑型(含滦家河型)花岗岩继承锆石年龄直方图;(b) 郭家岭型花岗岩继承锆石年龄直方图

2.2 郭家岭型花岗闪长岩的继承锆石

郭家岭型花岗闪长岩中继承锆石的数量明显少于玲珑型花岗岩(表 2),5 个样品 76 颗锆石的 79 个测点中有 12 颗锆石的 14 个测点属继承锆石,占 15.8 %。12 颗继承锆石中有 4 个测点为晚侏罗世,平均年龄为 152Ma,相当于玲珑型花岗岩的年龄。印支期 2 颗继承锆石的平均年龄为 228Ma,与玲珑型花岗岩中大量存在的印支期继承锆石年龄一致,但数量要少得多。古元古代的 3 颗继承锆石,平均年龄为 1922Ma。新太古代的 3 颗继承锆石,平均年龄为 2527Ma(表 2,图 3b)。

表 2 郭家岭型花岗闪长岩继承锆石年龄

Table 2 Inherited zircon ages of Guojialing granodiorites

时代	继承锆石数 (占测定锆石的百分数)	继承锆石年龄(Ma) *
晚侏罗世	4 颗(33.3 %)	149 ±3, 155 ±3, 159 ±3, 142 ±3, 155 ±5
早三叠世(印支期)	2 颗(16.6 %)	230 ±5, 225 ±4
古元古代	3 颗(25.0 %)	1934 ±48, 1966 ±398, 1860 ±15
新太古代	3 颗(25.0 %)	2708 ±65, 2530 ±11, 2483 ±21, 2389 ±22

* 全部年龄值取自 SSD-15 JH-8, TJ-1, MZS-1, NM-1 五个样品分析结果。

2.3 成矿后花岗斑岩脉的继承锆石

一件成矿后的花岗斑岩脉样品采自玲珑金矿田欧家乔,岩脉侵入于玲珑型花岗岩中,并切割了含金石英脉。其年龄为 $120 \pm 2\text{Ma}$ 。该岩脉含有丰富的不同时代的继承锆石,49 颗锆石的 54 个测点中有 32 颗锆石的 34 个测点属继承锆石,占 61%。其年龄分布范围与玲珑型花岗岩的继承锆石一致,同样是以印支期的继承锆石为主,32 颗继承锆石中有 13 颗属印支期,占 40.6%,平均年龄 209Ma 。所不同的是出现了 5 颗与郭家岭型花岗闪长岩年龄一致的继承锆石,平均年龄为 130Ma ;5 颗与玲珑型花岗岩一致的继承锆石,平均年龄为 158Ma 。表明郭家岭型花岗闪长岩和玲珑型花岗岩都可能成为成矿后花岗斑岩脉的源岩,而且显示玲珑金矿田深部可能存在郭家岭型花岗闪长岩。另外还有早古生代(2 颗)、新元古代(2 颗)、古元古代(2 颗)、新太古代(2 颗)、古太古代(1 颗, $3114 \pm 4\text{Ma}$)的继承锆石(表 3)。

表 3 玲珑金矿田欧家乔成矿后花岗斑岩脉继承锆石年龄
Table 3 Inherited ages of granite - porphyry formed after ore - forming in Oujiaokuang gold deposit, Linglong gold field

时代	继承锆石数 (占测定锆石的百分数)	继承锆石年龄 (Ma) *
早白垩世	5 颗(15.6%)	$134 \pm 5, 130 \pm 4, 127 \pm 4, 133 \pm 3, 127 \pm 6$
晚侏罗世	5 颗(15.6%)	$154 \pm 5, 168 \pm 4, 151 \pm 5, 161 \pm 4, 154 \pm 5$
(印支期)	13 颗(40.6%)	$242 \pm 16, 231 \pm 6, 208 \pm 10, 206 \pm 6, 154 \pm 6, 182 \pm 5, 175 \pm 5, 175 \pm 4, 205 \pm 9, 190 \pm 5, 230 \pm 9, 172 \pm 5, 236 \pm 12, 304 \pm 8$
早古生代	2 颗(6%)	$428 \pm 12, 428 \pm 12$
新元古代	2 颗(6%)	$972 \pm 23, 856 \pm 20$
古元古代	2 颗(6%)	$2295 \pm 35, 2367 \pm 45$
新太古代	2 颗(12%)	$2816 \pm 7, 2758 \pm 18, 2690 \pm 26$
古太古代	1 颗(3%)	3114 ± 4

*全部年龄值取自 LX-53 号样品分析结果。

3 继承锆石的成岩和地质构造意义

上述不同时代的继承锆石为鲁东地区花岗岩成因和地质构造演化提供了十分重要的信息。

(1) 玲珑型花岗岩和成矿后花岗斑岩脉中发现古太古代继承锆石($3446 \pm 2\text{Ma}$ 和 $3114 \pm 4\text{Ma}$),据此推测胶北地体存在早于胶东岩群的古太古代硅铝核。这与华北克拉通其他地体中发现古太古代陆核是一致的^[12]。

(2) 玲珑型花岗岩和成矿后花岗斑岩脉中发现大量印支期($312 \sim 170\text{Ma}$)的继承锆石,从而否定了玲珑型花岗岩主要是由胶东岩群交代-重熔形成的认识。野外观察发现玲珑型花岗岩中有大量细粒黑云母花岗岩的残留体,过去鲜为人知或被当成了片麻岩。据此推测玲珑型花岗岩的源岩主要是以印支期造山花岗岩为主的中酸性岩石,仅有少量新

太古代和古元古代的镁铁质岩石。同时推测这些造山花岗岩来自秦岭—大别山造山带。众所周知,秦岭—大别山造山带存在大量印支期花岗岩^[13],但这些造山花岗岩到了大别山就消失了^[14]。玲珑型花岗岩中出现大量印支期的继承锆石表明这些造山花岗岩在陆内俯冲时又被重熔形成了新的花岗岩,即现在的玲珑型花岗岩。

(3) 郭家岭型花岗闪长岩中仅发现 2 颗印支期的继承锆石,表明印支期造山花岗岩并非它的主要源岩。但该花岗闪长岩中发现了 5 颗中侏罗世的继承锆石,平均年龄为 152Ma,与玲珑型花岗岩一致,表明玲珑型花岗岩可能是郭家岭型花岗闪长岩的主要源岩之一。6 颗新太古代和元古宙继承锆石的发现,表明其源岩有较大比例的新太古代胶东岩群和元古宙荆山岩群的镁铁质岩石和长英质岩石(TTG 岩系)。这与郭家岭型花岗闪长岩中见有较多斜长角闪岩残留体的野外观察结果是相符的。据此推测早前寒武纪的斜长角闪岩类、TTG 岩系和玲珑型花岗岩应当是郭家岭型花岗闪长岩的主要源岩。

(4) 招远—莱州地区花岗岩类中出现了少量的早古生代和新元古代继承锆石(表 1、2、3),但目前在胶北地体上已经找不到同时代的火成岩体,而秦岭—大别山造山带则存在这个时代的火成岩。这些继承锆石反映了秦岭—大别山造山带极为复杂的演化历史,在华南、华北克拉通碰撞时可能有古生代和新元古代的岩浆岩被俯冲重熔卷入到秦岭—大别山造山带的碰撞造山花岗岩中,当这些碰撞造山花岗岩再次重熔时又被带进了玲珑型花岗岩中。

4 结论

(1) 胶东地区存在古太古代(3346 ±2Ma ~ 3114 ±4Ma)的硅铝核。但这些古陆核经多次构造运动变形破坏,已成为碎块被包在后来形成的地质体中,很难恢复其全貌。

(2) 玲珑型花岗岩的源岩主要是以印支期华南、华北克拉通碰撞造山花岗岩为主的中酸性岩石,少量为太古宙 TTG 岩系。

(3) 郭家岭型花岗闪长岩的源岩主要是新太古代和古元古代变质镁铁质岩石和 TTG 岩系,中侏罗世玲珑型花岗岩,以及部分前寒武纪的长英质岩石。

(4) 五莲—荣成断裂带以南的胶南—苏北地体是秦岭—大别山造山带东段的北移,由于郯庐断裂带巨大的左旋平移被推挤到现在的位置。

(5) 五莲—荣成断裂带是古缝合线或古俯冲带,沿五莲—荣成断裂带发生陆内俯冲,并发生印支期造山花岗岩再次重熔,形成了玲珑型花岗岩。

(6) 郭家岭型花岗闪长岩是造山后期花岗岩,比玲珑型花岗岩富含镁铁质和大离子亲石元素,与金矿化时间最为接近,空间关系密切,很可能是与成矿有关的花岗岩。

(7) 对于类似鲁东地区的重熔花岗岩类,常规锆石 U-Pb 测年方法是最不可取的测年方法,因为大量继承锆石的存在,将导致一个偏老的错误年龄。郭家岭型花岗闪长岩角闪石 Ar-Ar 年龄^[15]与 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄^[1]非常接近,表明这两种方法是重熔花岗岩类测年的有效方法。

5 致谢

本研究得到西澳大学地质系战略矿床研究中心王良根博士、McNaughton N.J. 博士、Groves D. I. 教授的热情帮助。测试工作主要由王良根博士和 McNaughton N.J. 博士完成,在此致以衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 苗来成,罗镇宽,黄佳展等. 山东招掖金矿带内花岗岩类侵入体锆石 SHRIMP 研究及其意义[J]. 中国科学(D 辑),1997,27(3):207 - 213.
- [2] 曹国权,王致本,张成基. 山东胶南地体及其边界断裂的构造意义[J]. 山东地质,1990,6(1):1 - 14.
- [3] 贾东,何永明,施央申. 鲁东联合地体的形成及其构造演化[J]. 南京大学学报(地球科学),1990(1):34 - 42.
- [4] 赵懿英,卢冰,季海章等. 论山东胶北地体的前寒武纪地层问题[J]. 中国区域地质,1995,(3):272 - 279.
- [5] 徐嘉伟,马国锋. 郯庐断裂研究十年回顾[J]. 地质论评,1992,38(4):316 - 325.
- [6] 陈丕基. 郯庐断裂巨大的平移的时代与格局[J]. 科学通报,1988,33(4):289 - 293.
- [7] 王清晨,从柏林,赵中岩. 鲁南—苏北榴辉岩的大地构造意义[A]. 岩石圈构造演化开放实验室年报(1989 - 1990)[R]. 北京:中国科学院技术出版社,1991,73 - 76.
- [8] 王征东,赵培海. 山东胶莱拗陷及周边地区深部构造的演化及规律[J]. 山东地质,1985,1(2):10 - 27.
- [9] Composition W.,Wikkiams I. S. and Meyer C.,1984,U - Pb geochronology of zircon from Lunar Breccia 73217 using a Sensitive High Resolution Ion Microprobe[J]. Proc. XIV Lunar Planetary Science Conference.J., Geophys. Res. 89 supplement B 525 - 534.
- [10] Steiger R. H. and Jager E.,1977. Subcommission on geochronology:convention in the use of decay constants in geo - and cosmochronology[J]. Ear Plan. Sci. Lett. 36:359 - 362.
- [11] 李曙光,Har S. R.,郑双根等. 中国华北、华南陆块碰撞时代的钐-钕同位素年龄证据[J]. 中国科学(B 辑),1989,(3):312 - 319.
- [12] 伍家善,耿元生,沈其韩等. 华北陆台前寒武纪重大地质事件[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [13] 张宏飞,张本仁,赵志丹. 东秦岭商丹构造带陆壳俯冲碰撞——花岗岩岩浆源区同位素示踪证据[J]. 中国科学(D 辑),1996,26(3):231 - 236.
- [14] 李石,王彤. 桐柏山—大别山花岗岩地球化学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991,149 - 160.
- [15] 胡世玲,王松山,桑海清等. 山东玲珑和郭家岭花岗岩体的同位素年龄及其地质意义[J]. 岩石学报,1987,(3):83 - 89.

The Ages and Its Significance of Inherited Zircons in the Granitoid in Zhaoyuan - Laizhou Area

LUO Zhen - kuang, GUAN Kang, MIAO Lai - cheng, HUANG Jia - zhan
(Tianjin Geological Research Institute, Tianjin 300061)

Abstract: According to the SHRIMP research of inherited zircons in the granitoid in Zhaoyuan - Laizhou area, it is showed that lots of different age s inherited zircons are there.

(下转第 57 页)

Review and Prospect for computer Technology application in the Geological Works in Shandong

LI Jun, YANG Dong-lai, SHI Hui, LIU Hai-rong

(Shandong Information Center of Geology and Minerals, Jinan, Shandong 250013)

Abstract: The developing history of computer technology in the geological works is reviewed, which experienced a history from none to appearance, and from simple data processing to the development and application of all kinds of special softwares. The major achievements in establishing of database, processing and mapping of remote sensing images, and in using of geography information system summarized. Meanwhile, a wide future of applying GIS technology, network technology and the combination of GIS and IT technology to the geological works prospected.

Key words: Computer technology application; geological exploration; Shandong province

(上接第 30 页)

The discovery of the inherited zircons with the ages from 3446 ± 2 to 3114 ± 4 Ma demonstrates that there is early - archaic crust in Jiaodong area. Lots of the inherited zircons of indochina stage averaging at the age of 219 Ma possess the same age as the collision between North China and South China cratons, and these inherited zircons are inferred probably from the collisional granites formed by the collision. Thus, the traditional recognition that Linglong granites were formed by metasomatism - remelting of Jiaodong group has been denied. Lots of inherited zircons at the age of late - Archean and Proterozoic are included in Guojialing granites, which showed that the source rocks consist partially of meta - mafic rocks of Jiaodong and Jingshan group and/or sialic rocks of TTG rock series.

Key words: Granites; inherited zircon; source rock; remelting; Wulian - Rongcheng fault belt