

新疆尾亚钒钛磁铁矿矿床成矿年龄探讨*

Metallogenic chronology of the Weiya vanadium-bearing titanomagnetite deposit in Xinjiang

王京彬, 王玉往

(北京矿产地质研究院, 北京 100012)

WANG JingBin and WANG YuWang

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012, China)

摘 要 尾亚矿区石英闪长岩体、岩脉和钾长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄分别为 (257.4 ± 5.2) Ma、 (259.9 ± 1.6) Ma 和 (253.9 ± 0.5) Ma, 相当于晚二叠世。推测尾亚钒钛磁铁矿的形成应略早于 259.9 Ma。这一结果不支持印支期成岩成矿的观点, 可能代表了新疆北部后碰撞构造-岩浆-成矿活动末期的产物。

关键词 石英正长岩; 锆石 U-Pb 年龄; 后碰撞; 新疆尾亚

新疆东天山地区地处准噶尔—哈萨克斯坦和塔里木两大板块结合部位, 产出众多矿床类型。与后碰撞基性杂岩有关的铜镍硫化物(黄山—镜儿泉矿带)-钒钛磁铁矿(尾亚)-磁铁矿(钴)(磁海)矿床更是构成了该区独具特色的成矿系列。目前对于这一与幔源岩浆有关、跨构造单元面型分布的矿床系列的认识尚存分歧, 虽然多数学者将其归于后碰撞阶段的产物(韩宝福等, 2004; 王京彬等, 2006), 但亦有人认为可能是受到了地幔柱影响(王登红等, 2000; 毛景文等, 2006), 即与塔里木二叠纪大火成岩省(姜常义等, 2005; 夏林圻等, 2006)有关。由于与大火成岩省有关的矿床以产有铜镍硫化物和钒钛磁铁矿矿床为特点, 而尾亚又是新疆最大的一处钒钛磁铁矿矿床, 其成矿时代是否与二叠纪岩浆作用有关, 越来越成为广大地质学家关注的焦点。然而有关尾亚矿床的成岩成矿定年资料差别较大。最老的是李嵩龄等(2002)对矿区碱性辉长岩做全岩 Rb-Sr 等时线年龄, 为 (270.67 ± 30.7) Ma, Li 等(2005)则报道了最新的年龄: 含矿辉长岩和矿石做 Sm-Nd 等时线年龄为 (220 ± 30) Ma, 不同测年结果年龄差别达 50 Ma! 笔者在对尾亚矿床进行详细研究的基础上, 采集了与成矿有关的钾长花岗岩和石英正长岩, 进行了单颗粒锆石 U-Pb 年龄测定, 并探讨了其地质意义。

1 尾亚矿区地质概况

尾亚地区地处东天山造山带的东段。东天山地区在大地构造位置上处于古亚洲洋南缘, 是西伯利亚板块和塔里木板块的聚合地区, 尾亚矿区即位于沙泉子断裂南部的中天山地块(也称中天山古陆)。矿床产于尾亚环形复式岩株的北侧, 属尾亚超单元(外环)的一部分(图 1)。据李嵩龄等(1997)研究, 该复式岩株由内环和外环构成。内环为环形山超单元, 面积 77 km^2 , 由老至新为由石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩 4 个单元组成, 分别占总面积的 22.1%、7.8%、62.3%和 7.8%, 同位素年龄 $255.4 \sim 228.7 \text{ Ma}$ 。外环为尾亚超单元, 总面积 78 km^2 , 从早到晚由碱性辉长岩、石英二长闪长岩、石英正长岩、碱长花岗岩和斑状钾长花岗岩 5 个单元组成, 其中石英正长岩单元构成主侵入体, 占总面积的 97%, 其他单元所占极少。

尾亚矿区内构造简单, 未见明显的断层和褶皱, 但受环形岩株的影响, 外围发育环形断裂和近南北相断裂, 矿区内脉岩主要受其影响呈南北向和北北西向。矿区除第四系覆盖外全为侵入岩浆岩占据。矿区广泛发育主要四大类岩石: 含钒钛磁铁

*本文由国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2001CB409806)资助

第一作者简介 王京彬, 男, 1961 年生, 博士, 教授级高工, 博士生导师, 现从事造山与成矿作用及成矿预测研究。E-mail: wjb@bigm.com.cn

矿的镁铁-超镁铁杂岩、矿区外围的肉红色钾长花岗岩和石英正长岩,以及矿区中央的石英二长(斑)岩。其中石英正长岩与含矿辉长岩类为同源分异产物。含矿岩石为碱性辉长岩类,并可分为角闪辉长岩、橄榄辉长岩、黑云母辉长斜长岩等岩相,此外尚有细晶花岗岩脉、辉绿岩脉等侵入。矿床分 5 个矿化区段,矿体皆产于碱性辉长岩类岩体中。矿体分浸染状和贯入式脉状矿体 2 种。矿石有致密块状、浸染状和似层状。主要有用矿石矿物为含钒钛的磁铁矿和富钛的钛铁矿,含少量黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿等硫化物。矿床属于与碱性超镁铁-镁铁质杂岩有关的岩浆型矿床。矿床形成以岩浆分凝和贯入式为主,晚期出现少量岩浆热液作用(王玉往等,2005)。

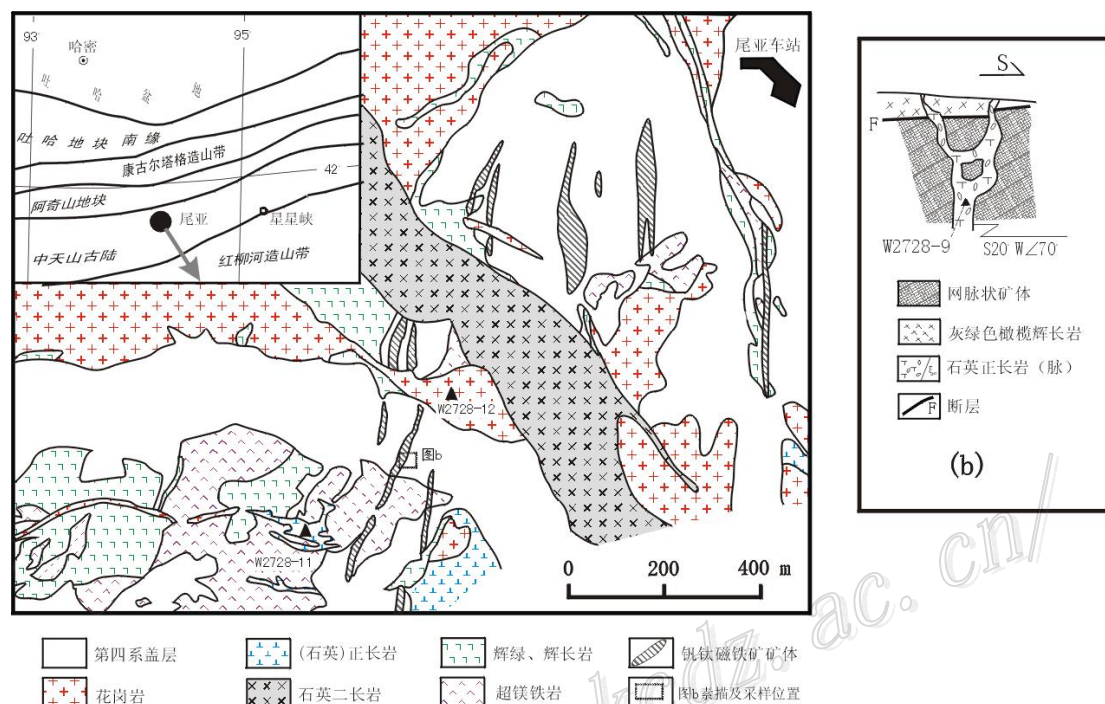


图 1 尾亚地区地质简图及采样位置

由于直接容矿的辉长岩类锆石含量甚微,本次工作,选择与之有关的石英正长岩和钾长花岗岩进行研究。据野外观察,石英正长岩可呈岩脉和岩株,穿插含矿的辉长岩类(图 1b),而钾长花岗岩体中常有辉长岩捕虏体,亦晚于辉长岩形成,但与石英正长岩未见确切的侵入关系。其岩石学特征如下。

石英正长岩: 岩石为灰白色-肉红色,块状构造,中粗粒结构,有时亦可出现伟晶状构造。岩石成分以钾长石(主要为条纹长石)为主,次为酸性斜长石(钠-更长石)、石英、普通角闪石、黑云母等,有时出现普通辉石,少量或微量磷灰石、锆石、磁铁矿等。

钾长花岗岩: 岩石为肉红色,中-粗粒似斑状结构。“斑晶”可占 10%~40%,一般 3~10 mm,半自型-他型,主要是微斜条纹长石,其次有少量石英及更长石。“基质”呈小于 3 mm 的连续不等粒状,由条纹长石、石英、更长石、褐红色黑云母、绿色普通角闪石和暗色矿物(磁铁矿为主)等组成,另有数量不等(<5%)的微量副矿物榍石、磷灰石、锆石等。

2 分析方法和结果

在野外调查,细致的岩石和矿石鉴定工作基础上,本文选择了尾亚矿区与含矿辉长岩有成因联系的石英正长岩脉和石英正长岩体,以及钾长花岗岩,利用人工重砂中分离出锆石,挑选透明的、光学显微镜下无内核、具明显岩浆锆石特点的单颗粒锆石,由天津地质矿产研究所实验室用 TIMS 方法分析测定。数据及样品特征列于表 1。U-Pb 年龄谱和图见图 2。

由于所研究的岩体形成于显生宙,笔者采用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 计算其侵位年龄。

石英正长岩体(W2728-11),扣掉部偏离谐和线的 4、5 号样品点,1~3 号锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为(257.4±5.2) Ma。石英正长岩脉(W2728-9),1~4 号锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为(247.3±3.5) Ma,5 号锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值为(259.9±1.6) Ma。上述样品均均位于 U-Pb 谐和线上,具有确切的地质含义,采用 U-Pb 同位素体系时钟最初启动时的年龄 259.9±1.6 Ma 代表其侵位年龄。钾长花岗岩(W2728-12),由于部分样品点偏离谐和线,样品中放射成因 Pb 有扩散

和丢失，说明岩石形成后可能受到后期热事件的影响。采用表面年龄频率较高的 1~3 号点进行加权平均获得表面年龄 $253.9\pm0.5\text{Ma}$ ，代表岩体侵位年龄。

表 1 尾亚矿区岩石的锆石 U-Pb 同位素分析结果

岩石类型及样品号	点号	锆石特征	同位素比值				
			$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
石英正长岩脉, W2728-9							
	1	黄色透明柱状	974	0.1796	0.2771	0.03943	0.05097
	2	浅黄色透明不规则状	332	0.1541	0.2741	0.03935	0.05053
	3	黄色透明不规则粒状	925	0.2003	0.2763	0.03899	0.05138
	4	黄色透明不规则粒状	545	0.1566	0.2683	0.03865	0.05034
	5	黄色透明不规则粒状	777	0.1678	0.2869	0.04112	0.0506
石英正长岩体, W2728-11							
	1	黄色透明细长柱状	430	0.2113	0.2909	0.04099	0.05147
	2	黄色透明长柱状	428	0.2067	0.2888	0.04076	0.05138
	3	黄色透明长柱状	1575	0.2019	0.2878	0.04027	0.05184
	4	黄色透明长柱状	791	0.2014	0.2785	0.03989	0.05064
	5	黄色透明中长柱状	365	0.1583	0.2626	0.03881	0.04908
钾长花岗岩, W2728-12							
	1	浅黄色透明短柱状	1125	0.1148	0.292	0.04006	0.05287
	2	浅黄色透明中长柱状	716	0.1083	0.2896	0.04017	0.05229
	3	浅黄色透明短柱状	692	0.1124	0.3039	0.04039	0.05457
	4	浅黄色透明中长柱状	662	0.1217	0.2807	0.03899	0.05221
	5	浅黄色透明短柱状	573	0.1051	0.2744	0.03816	0.05216

$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验室白 ($\text{Pb}=0.050\text{ng}$, $\text{U}=0.002\text{ng}$) 及稀释剂作了校正，其余原子比率中铅同位素均为放射成因铅同位素。

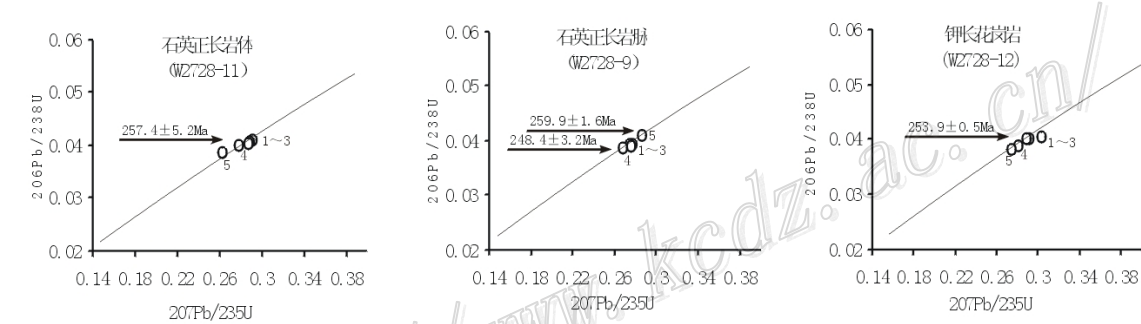


图 2 尾亚矿区锆石 U-Pb 谐和图

3 讨论

上述锆石的 U-Pb 年龄误差较小，彼此相对一致，相应时代为二叠纪晚期。由于上述岩体（脉）均穿过了尾亚的含矿辉长岩，因此尾亚钒钛磁铁矿的成矿年龄应略早，即老于 259.9Ma 。

关于尾亚矿床的年龄，前人曾做过同位素定年研究。李嵩龄等（2002）对矿区碱性辉长岩做全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $(270.67\pm30.7)\text{Ma}$ ，认为属早二叠世侵入产物。Li 等（2005）对含矿辉长岩和矿石做 Sm-Nd 等时线年龄为 $(220\pm30)\text{Ma}$ ，对辉长岩中锆石做 U-Pb 年龄为 $(233.4\pm8.6)\text{Ma}$ ，认为属于印支期成矿。Zhang（2005）等对矿区辉长岩、石英正长岩、石英闪长玢岩和细粒花岗岩做 SHRIMP 锆石定年，分别获得 $(236\pm6)\text{Ma}$ 、 $(246\pm6)\text{Ma}$ 、 $(233\pm8)\text{Ma}$ 和 $(237\pm6)\text{Ma}$ 的一系列年龄，亦认为属印支期成矿。上面 2 条等时线年龄显然由于误差太大，超出可信范围，仅供参考。SHRIMP 锆石定年的数据尚可，但与野外地质情况有矛盾：石英正长岩明显穿插含矿辉长岩，辉长岩的年龄应不晚于石英正长岩 (246.6Ma) 。

另据李嵩龄等（2002）的研究，尾亚环形山单元中的钾长花岗岩的 Ar-Ar 坪年龄 $(245.58\pm5.68)\text{Ma}$ 和同一样品等时线年龄 $(250.19\pm7.86)\text{Ma}$ 较为一致，且与同一单元的二长花岗岩 U-Th 一致性年龄 240.62Ma 差别不大，可信度较高。而环形山超单元明显侵入于尾亚超单元的证据亦较充分（李嵩龄等，1997），因此尾亚超单元的形成时代不可能晚于 250.19Ma 。本文所测 3 个年龄（均取自外环的尾亚超单元）则与该区地质环境相符。

4 地质意义

北疆地区与基性-超基性杂岩有关的矿床主要有 4 类：即铜镍硫化物矿床（如喀拉通克、黄山、黄山东、香山、土墩、镜儿泉），铜镍-钒钛磁铁矿矿床（香山西），钒钛磁铁矿矿床（尾亚），铁（钴）矿床（磁海）。它们的成矿时代分别为。

铜镍矿床: 尽管早期报道的同位素定年资料显示出较大的跨越(如喀拉通克的年龄跨度可达 229.1~317 Ma, 据王润民等, 1991; 黄山矿带 259.3~439.6 Ma, 据王润民等, 1985), 但近几年的测年成果, 逐步将其限定在了 280 Ma 左右(274~298 Ma 之间), 并趋于认同(王京彬等, 2006; 毛景文等, 2006)。

香山西铜镍—钒钛磁铁矿矿床: 目前香山西岩体尚无确切年龄资料。Qin 等(2002)采集香山中岩体角闪辉长岩所做单颗粒锆石 U-Pb 年龄为(285±1.2) Ma, 李月臣等(2006)对香山中磁黄铁矿做 Re-Os 等时线获得(298±7.1) Ma 的年龄。对上述同位素定年资料的使用应基于: (a)大家对香山西岩体与香山中岩体的同源性趋于认同(秦全新, 2003; Qin 等, 2003; 王玉往等, 2006); (b)野外的接触关系表明含钒钛磁铁矿的岩体晚于含铜镍矿岩体(秦全新, 2003); (c)岩浆矿床的成矿机理表明, 成矿年龄应等于或晚于含矿岩体。因此推测, 285 的 U-Pb 年龄可能代表铜镍成矿期(298±7.1 Ma)之后赋存钒钛磁铁矿的辉长岩年龄。

磁海铁(钴)矿床: 磁海铁矿含矿辉绿岩样品的 Rb-Sr 等时线年龄为(268±7) Ma(薛春纪等, 2000), 5 个样品点的相关性较高, 测定误差较小。考虑到磁海地区的含矿辉绿岩侵入于矿区中部的辉长岩体, 而该辉长岩体的西部又侵入到下二叠统红柳河组地层, 因此 268Ma 基本反映含矿辉绿岩的就位(封闭)年龄。

本文尾亚矿床的年龄与东准噶尔野马泉金矿含矿闪长岩脉(单颗粒锆石 U-Pb 一致年龄(252.5±1.8) Ma 和(254.5±0.9) Ma, 据王京彬等, 2006)和西准噶尔等地广泛发育区域的中基性脉岩群的时代(李辛子等, 2004)基本一致, 代表了新疆北部后碰撞构造-岩浆-成矿活动末期的产物。

综上所述, 北疆地区后碰撞与基性杂岩有关矿床的成矿年代在 260~300 Ma 之间, 即跨越了整个二叠纪, 且成矿具有一定的阶段性, 从早到晚形成序列为: 铜镍矿(270~298 Ma)→香山西铜镍钒钛铁矿(285 Ma±)→磁海铁(钴)矿(267 Ma±)→尾亚钒钛磁铁矿(259.9 Ma±)。这 4 类矿化时间上相近、空间上相伴, 彼此之间可出现过渡的矿床类型(香山西, 王玉往等, 2006), 它们构成了东天山地区独特的后碰撞与基性-超基性杂岩有关的成矿系列, 也是中亚型造山后碰撞阶段所特有的成矿系列。

参考文献

- 韩宝福, 李建清, 宋彪, 等. 2004. 新疆喀拉通克和黄山东含铜镍矿镁铁-超镁铁杂岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 科学通报, 49(22): 2323~2328.
- 姜常义, 姜寒冰, 叶书锋, 等. 2005. 新疆库鲁克塔格地区二叠纪脉岩群岩石地球化学特征, Nd、Sr、Pb 同位素组成与岩石成因. 地质学报, 79(6): 823~833.
- 李嵩龄, 冯新昌. 1997. 新疆天山东部尾亚超单元组合特征[J]. 新疆地质, 15(1): 13~27.
- 李嵩龄, 李文铅, 冯新昌, 等. 2002. 东天山尾亚复式岩株形成时代讨论[J]. 新疆地质, 20(4): 357~359.
- 李辛子, 韩宝福, 李建清, 等. 2004. 新疆克拉玛依中基性岩墙群的地质地球化学和 K-Ar 年代学[J]. 地球化学, 33(6): 574~583.
- 李月臣, 赵国春, 屈文俊, 等. 2006. 新疆香山铜镍硫化物矿床 Re-Os 同位素测定[J]. 岩石学报, 22(1): 245~252.
- 毛景文, F. Ranco P, 张作衡, 等. 2006. 天山—阿尔泰山东部地区海西晚期后碰撞铜镍硫化物矿床: 主要特点及可能与地幔柱的关系. 地质学报, 80(7): 925~942.
- 秦全新. 2003. 香山西段钒钛矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿产与地质, 17(4): 533~535.
- 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 等. 2000. 新疆北部 Cu-Ni-(PGE)硫化物矿床成矿系列探讨[J]. 矿床地质, 19(2): 147~155.
- 王京彬, 徐新. 2006. 新疆北部后碰撞构造演化与成矿[J]. 地质学报, 80(1): 23~31.
- 王京彬, 王莉娟, 王玉往, 等. 2006. 新疆东准噶尔野马泉构造蚀变脉岩型金矿床[J]. 岩石学报(出版中).
- 王润民, 刘德权, 殷定泰. 1987. 新疆哈密土墩—黄山一带铜镍硫化物矿床成矿控制条件及找矿方向的研究[J]. 矿物岩石, 7(1): 1~152.
- 王润民, 赵昌龙, 等. 1991. 新疆喀拉通克一号铜镍硫化物矿床[M]. 北京: 地质出版社. 319 页.
- 王玉往, 王京彬, 王莉娟, 等. 2005. 新疆尾亚钒钛磁铁矿——一个岩浆分异-贯入-热液型复成因矿床[J]. 矿床地质, 24(4): 349~359.
- 王玉往, 王京彬, 王莉娟, 等. 2006. 岩浆铜镍矿与钒钛磁铁矿的过渡类型——新疆哈密香山西矿床[J]. 地质学报, 80(1): 61~73.
- 夏林圻, 李向民, 夏祖春, 等. 2006. 天山石炭—二叠纪大火成岩省裂谷火山作用与地幔柱[J]. 西北地质, 39(1): 1~49.
- 薛春纪, 姬金生, 杨前进. 2000. 新疆磁海铁(钴)矿床次火山热液成矿学[J]. 矿床地质, 19(2): 156~164.
- Li H Q, Chen F W, Lu Y F, et al. 2005. New chronological evidence for indosinian diagenetic mineralization in Eastern Xinjiang, NW China. Acta Geologica Sinica, 79(2): 264~275.
- Qin K Z, Zhang L C, Xiao W J, et al. 2003. Overview of major Au, Cu, Ni and Fe deposits and metallogenic evolution of the eastern Tianshan Mountains, Northwestern China[A]. In: Mao J, Goldfarb R J, Seltmann R, et al. eds. Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan[C]. London: IAGOD Guidebook Series 10, 227~248.
- Zhang Z Z, Gu L X, Wu C Z, et al. 2005. Zircon SHRIMP dating for the Weiya pluton, eastern Tianshan: Its geological implications[J]. Acta Geologica Sinica, 79(4): 481~490.