第 58 卷 第 4 期 2025 年 (总 242 期) 西北地质

NORTHWESTERN GEOLOGY

Vol. 58 No. 4 2025(Sum242)



引文格式:杨富全,谷高中,张忠利,等.新疆中亚造山带稀有金属矿地质特征及时空分布规律[J].西北地质,2025, 58(4):250-269. DOI: 10.12401/j.nwg.2024122

Citation: YANG Fuquan, GU Gaozhong, ZHANG Zhongli, et al. A Review of Geological Characteristics and Time-Space Distribution of Rare Metal Deposits in the Central Asian Orogenic Belt, Xinjiang[J]. Northwestern Geology, 2025, 58(4): 250–269. DOI: 10.12401/j.nwg.2024122

新疆中亚造山带稀有金属矿地质特征及时空分布规律

杨富全^{1,2},谷高中³,张忠利³,李强¹,李宁⁴

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所,自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室,北京 100037;2. 新疆维吾尔自治区人民政府国家 305项目办公室,新疆 乌鲁木齐 830000;3. 新疆维吾尔自治区地质局阿勒泰地质大队,新疆 阿勒泰 836500;4. 太原理工大学地球科学与测绘工程学院,山西太原 030024)

摘 要:在总结前人研究和野外调查基础上,笔者综述了新疆中亚造山带稀有金属矿地质特征和时 空分布规律。稀有金属矿主要为花岗伟晶岩型,其次是花岗岩型,少量碱性花岗岩型、碱性正长岩 型、火山热液型、碱性伟晶岩型和矽卡岩型,主要分布于阿尔泰,其次是西南天山和东天山。稀有金 属成矿年龄变化于151~476 Ma,主要集中在180~290 Ma(早侏罗世—二叠纪),不同地区成矿时间 存在差异。二叠纪为后碰撞环境,三叠纪——侏罗纪为板内环境,区域大规模伸展是形成大规模稀有 金属矿的地球动力学背景。东天山和西南天山稀有金属成矿与岩浆侵入作用有关,但阿尔泰除阿 斯喀尔特、大喀拉苏等少数矿床外,多数稀有金属矿与赋矿花岗岩不存在直接的成因联系。 关键词:稀有金属矿床;地质特征;时空分布;中亚造山带;新疆

中图分类号: P618.6 文献标志码: A 文章编号: 1009-6248(2025)04-0250-20

A Review of Geological Characteristics and Time-Space Distribution of Rare Metal Deposits in the Central Asian Orogenic Belt, Xinjiang

YANG Fuquan^{1,2}, GU Gaozhong³, ZHANG Zhongli³, LI Qiang¹, LI Ning⁴

 Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Ministry of Natural Resources, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
National 305 Project Office of Xinjiang, Urumuq 830000, Xinjiang, China;

3. Altay Geological Party of the Geological Bureau, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Altay 836500, Xinjiang, China;

4. College of Geological and Surveying Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, Shanxi, China)

Abstract: This paper reviews the geological characteristics, spatial and temporal-distribution, and tectonic settings of rare metal deposits in the Xinjiang Central Asian Orogenic Belt. The rare metal deposits are predominantly of granitic pegmatite type, followed by granite type, with a small amount of alkaline granite type, alkaline syenite type, alkaline pegmatite type, volcanic hydrothermal type, and skarn type. They are mainly distributed in the Altay, followed by the East Tianshan and Southwest Tianshan. The rare metal mineralization took

收稿日期: 2023-09-18;修回日期: 2024-06-30;责任编辑: 吕鹏瑞

基金项目:新疆维吾尔自治区"天池英才"引进计划,中央返还两权价款资金综合研究项目(Y15-1-LQ10)和国家自然科学基金项目(41802112、41702100)联合资助。

作者简介:杨富全(1968-),男,研究员,博士生导师,主要从事矿床地质和成矿规律研究。E-mail: fuquanyang@163.com。

place during 467 to 151 Ma and the majority of the deposits are formed in the 290 to 180 Ma (Permian to Early Jurassic). In addition, there are differences in the rare metal mineralization time between different regions. The Permian and Triassic to Jurassic mineralization occurred in post-collision and continental environments, respectively, and the regional large-scale extension background is favorable for the large-scale rare metal mineralization. The rare metal deposits in East Tianshan and Southwest Tianshan are closely related to magmatic intrusion. However, most of the rare metal deposits in the Altay (except for Arskartor and Dakalasu, etc) are no genetic relationship with their ore-hosting granites.

Keywords: rare metallic deposits; geological characteristics; time-space distribution; Central Asian Orogenic Belt; Xinjiang

稀有金属(锂、铍、铌、钽、铷、锶、锆、铪、铯)是中 国的关键金属,其中锂、钽 2018年对外依存度超过 60%(Gulley et al., 2018;中国地质科学院全球矿产资源 战略研究中心, 2020)。新疆北部(阿尔泰、准噶尔、天 山和北山)是中亚造山带的重要组成部分(图1),古亚洲 洋板块的俯冲、碰撞和后碰撞造就了独特的成矿体系, 主要形成岩浆型、火山岩型、斑岩型、砂卡岩型、造山型、 浅成低温热液型和伟晶岩型成矿系统,铁、铜、镍、铅、 锌、金和稀有金属为其优势矿种。稀有金属矿主要分布 于阿尔泰,少量分布于西南天山和东天山,其他地区零 星分布。新疆阿尔泰是世界上著名的稀有金属伟晶岩 和工业白云母成矿带,在9个伟晶岩矿集区中发育十万 条伟晶岩脉,产出世界级的可可托海稀有金属矿床,还 有柯鲁木特、卡鲁安等稀有金属矿床。东天山主要发现 了国宝山(属于甘肃,与新疆交接,文中也把该矿一并探 讨)、白石头泉或张宝山、沙东等铷矿床,少量 Li-Be-Nb-Ta 矿床。西南天山产出与碱性岩有关的铌钽等矿床。 王登红等(2003)、任宝琴等(2011)、郭正林等(2013)、 秦克章等(2013)、郭旭吉等(2015)、Zhou等(2016)、杨 富全等(2018)、张辉等(2019)、高景刚等(2023)、陈衍 景等(2024)等开展了阿尔泰伟晶岩型稀有金属矿的成 矿年代学、成矿规律和成因研究。韩宝福(2008)、申萍 等(2021)开展了中哈俄阿尔泰稀有金属矿床对比和成 矿规律研究。邹天人等(2006)开展了新疆稀有金属矿 床成矿模式、成矿规律和成矿预测。吴昌志等(2021)对 中亚造山带铷矿床的主要特征与研究进展进行了综述。 谢明材等(2020)对塔里木北缘与碱性岩有关的稀土-稀 有金属矿的成矿作用进行了研究。



图1 新疆中亚造山带地质简图(图 A 据 Chen et al., 2002;图 B 据董连慧等, 2013 修改) Fig. 1 Simplified geological of the Central Asian Orogenic Belt, Xinjiang

基于收集前人勘查报告及研究成果,结合大量矿 床(点)野外调研,综合论述了新疆中亚造山带稀有金 属矿地质特征、空间分布和成矿时代,探讨了侵入岩 与稀有金属伟晶岩成矿关系,构造演化与稀有金属成 矿作用,旨在推动新疆中亚造山带开展新一轮稀有金 属找矿勘查工作。

1 区域成矿背景

新疆中亚造山带经过了基底演化(前寒武纪)阶段、 古亚洲洋形成与早期演化(寒武纪—晚志留世)阶段、 晚古生代古亚洲洋演化与大陆初期主碰撞(早泥盆世— 晚石炭世)阶段、后碰撞构造(二叠纪)阶段和陆内发展 (三叠纪之后)阶段,不同造山带地质特征与构造演化存 在差异(董连慧等,2013; Han et al., 2018; Han et al., 2020; Mao et al., 2021; Zhang et al., 2023; Gao et al., 2024)。

中国阿尔泰地理上分为北阿尔泰、中阿尔泰和南 阿尔泰(图 2),中阿尔泰属于喀纳斯--可可托海古生代 岩浆弧,南阿尔泰为克兰泥盆纪—-石炭纪弧后盆地 (何国琦等,2004)。中阿尔泰位于红山嘴断裂与阿巴 宫断裂、巴寨断裂之间的喀纳斯--可可托海一带,由早 古生代变质岩系组成。南阿尔泰南以克兹加尔断裂 为界与额尔齐斯构造带相邻,主要由上志留—下泥盆 统康布铁堡组和中—上泥盆统阿勒泰镇组变质火山-沉积岩系组成,少量中—上志留统库鲁木提群、下— 中泥盆统阿舍勒组、上泥盆统齐也组和下石炭统红山



伟晶岩田编号: 1. 阿木拉宫; 2. 布鲁克特--纳林萨拉; 3. 阿拉捷克--塔拉特; 4. 米尔特根; 5. 琼湖--道尔久; 6. 阿拉尔; 7. 可可托海; 8. 柯布卡尔; 9. 富蕴西; 10. 库木尔特; 11. 库卫--结别特; 12. 丘曲拜; 13. 阿拉依格尔; 14. 蒙库; 15. 阿 拉山; 16. 柯鲁木特--吉得克; 17. 阿祖拜; 18. 群库尔; 19. 虎斯特; 20. 大喀拉苏--可可西尔; 21. 胡鲁宫; 22. 巴寨; 23. 阿巴宫; 24. 吐尔贡; 25. 小喀拉苏; 26. 切米尔切克; 27. 塔尔朗; 28. 切别林; 29. 阿拉尕克; 30. 阿克赛依--阿克苏; 31. 阿克巴斯塔乌; 32. 萨尔加克; 33. 乌鲁克特; 34. 切伯罗衣--阿克贡盖特; 35. 海流滩--冲乎尔; 36. 也留曼; 37. 哈巴 河东; 38. 加曼哈巴

图2 新疆阿尔泰地质、伟晶岩和主要稀有金属矿分布简图(据邹天人等, 2006; Yang et al., 2013; 杨富全等, 2018 修改)
Fig. 2 Simplified geological map showing distribution of pegmatit and major rare metal deposits in Altay, Xinjiang

嘴组(变质)火山-沉积岩系。阿尔泰侵入岩分布广泛, 具有多期次、多类型、多成因、多来源的特征,形成于 多种构造环境。侵入岩年龄变化于 523~151 Ma(刘 源等, 2013; 丁建刚等, 2020),从早寒武世开始持续到 侏罗纪。

东天山划分为博格达-哈尔克构造带、觉罗塔格 构造带、中天山地块和北山地块(图 3)。觉罗塔格构 造带进一步划分为大南湖-头苏泉岛弧、康古尔弧后 盆地和雅满苏岛弧。大南湖-头苏泉岛弧带主要由泥 盆纪—石炭纪火山沉积岩系组成。康古尔弧后盆地 由石炭纪火山岩和二叠纪火山岩组成。雅满苏岛弧 主要由石炭纪海相火山沉积岩系,少量二叠纪碎屑岩、 火山岩和碳酸盐岩组成。中天山地块以阿奇克库都 克-沙泉子断裂为界,与雅满苏岛弧带相邻;南缘以红 柳河断裂带与北山构造带相邻。出露中元古界星星 峡群、卡瓦布拉格群和新元古界天湖群等,岩性主要 为片岩、片麻岩、大理岩和石英岩等,经历了绿片岩 相或角闪岩相变质作用。东天山侵入岩发育,石炭纪 斑岩与斑岩型铜矿有关,二叠纪发育基性--超基性岩, 并伴随岩浆型铜镍硫化物矿床,三叠纪花岗岩分布广 泛,与斑岩、砂卡岩和伟晶岩型钼、钨和稀有金属成 矿有关。



新生代沉积物; 2. 二叠纪火山沉积岩系; 3. 石炭纪火山沉积岩系; 4. 奥陶纪—泥盆纪火山沉积岩系;
5. 早古生代蛇绿岩带; 6. 前寒武纪变质岩; 7. 花岗岩类; 8. 断层、剪切带

图3 东天山地质及主要稀有金属矿分布略图(底图据王京彬等, 2006)

Fig. 3 Simplified geological map showing distribution of the major rare metal deposits in East Tianshan

西南天山构造上属于塔里木--中朝板块的塔里木 北缘古生代活动陆缘。地层主要为泥盆系碎屑岩、碳 酸盐岩夹火山岩,石炭系为碎屑岩、碳酸盐岩,部分二 叠系碎屑岩夹有灰岩、火山岩。侵入岩以中酸性岩石 为主,少量超基性岩、基性岩和碱性岩。塔里木北缘 及邻区发育一套以碱性花岗岩、石英正长岩、正长岩、 霓辉石正长岩、霓霞正长岩为主,包含碱性辉长岩、 霓辉石闪长岩、钠铁闪石正长岩、霓辉石花岗岩等在 内的碱性侵入岩体,其西起阿图什、东到尉犁以东,呈 带状分布,长约为1100 km,形成于二叠纪(邹天人等, 2006;谢明材等,2020;孙政浩等,2021)。

2 稀有金属矿类型和空间分布

新疆中亚造山带稀有金属矿主要为花岗伟晶岩型(文中简称伟晶岩型),其次是花岗岩型,少量火山 热液型(西准噶尔白杨河铍铀钼矿)、碱性花岗岩型 (波孜果尔)、碱性正长岩型(克其克果勒铌钽矿)、碱 性伟晶岩型(依兰里克稀土铌钽锆矿)、砂卡岩型(沙 东钨铷矿、星星峡铍矿化点)。新疆中亚造山带稀有 金属矿床主要分布于阿尔泰,其次是西南天山和东天山,西准噶尔、西天山等地区零星分布。

新疆阿尔泰发现的10万条伟晶岩脉,集中在两 个亚矿带(哈龙-青河稀有金属成矿亚带和加曼哈巴-大喀拉苏稀有金属成矿亚带)的9个矿集区和38个伟 晶岩田,主要分布于中阿尔泰,其次是南阿尔泰,少量 位于北阿尔泰(别也萨麻斯)(丁建刚等, 2020;杨成栋 等,2020)。阿尔泰稀有金属矿产资源丰富,有大型和 中型稀有金属矿床 8 处, 小型矿床 81 处, 此外, 还有 数量众多的稀有金属矿点和矿化点(刘国仁等,2017)。 哈龙-青河稀有金属成矿亚带位于红山嘴大断裂和阿 巴宫大断裂之间的哈龙--青河早---中古生代侵入岩带 上。该亚带含有5个矿集区(青河、可可托海、库威-结别特、柯鲁木特--吉得克和卡拉额尔齐斯)的23个 伟晶岩田,既有伟晶岩型又有花岗岩型,著名矿床有 可可托海、卡鲁安、柯鲁木特、阿斯卡尔特。加曼哈 巴-大喀拉苏稀有金属成矿亚带呈 NW-SE 向延伸, 主 要位于南阿尔泰,伟晶岩一般产于花岗岩内、外接触 带及深变质的片岩、片麻岩和混合岩中。该亚带含 有4个矿集区(大喀拉苏--可可西尔、小喀拉苏--切别 林、海流滩--也留曼和加曼哈巴)的15个伟晶岩田,代 表性矿床有大喀拉苏、小喀拉苏(蒙库卡拉苏)、也留 曼。稀有金属矿化主要是伟晶岩型,伟晶岩的内部结 构带与哈龙-青河稀有金属成矿亚带相比要差一些, 锂矿化相对较弱(邹天人等,2006)。

东天山稀有金属矿主要分布于中天山地块(沙东 钨铷矿、国宝山铷矿、张宝山铷矿、星星峡铍矿化点、 红柳井铌钇矿),其次是康古尔弧后盆地(镜儿泉锂铍 铌钽矿、镜儿泉北山铍矿、红岭铌钽矿)。主要类型 为伟晶岩型和花岗岩型,少量矽卡岩型,以铷成矿为 特色,规模最大,达到大型(沙东)和超大型规模(国宝 山、张宝山)。

西南天山的稀有金属矿床分布于塔里木盆地北 缘稀土、铌、钽、锆、金云母、蛭石、宝玉石成矿区中 的塔里木板块北缘碱性杂岩带,主要集中在拜城和哈 拉峻地区,库尔勒附近有少量分布。拜城主要有波改 果尔超大型铌钽矿、克其克果勒铌钽矿、玛依达稀有 金属矿、依兰里克稀土铌钽锆矿、黑英山锂铍铌钽矿。 哈拉峻地区碱性花岗岩主要有霍什布拉克、塔木、古 尔拉勒、克孜勒克孜塔克、巴什苏洪、喀拉多维、克孜 尔托等,其中前5个岩体中发现了铌钽和稀土矿化。 以岩体为中心具有水平及垂向矿化分带性,岩体内为 ①岩浆岩型:(碱性辉长岩)钒钛磁铁矿(如普昌钒钛 磁铁矿)、稀土。②碱性花岗岩型、碳酸岩型:铌、钽、 稀土、稀有、稀散元素(如卡拉多维铌铈稀有矿、巴什 苏洪铌钽矿)。③岩体接触带为角岩型-矽卡岩型:铁、 钼、锡、铋、锌、金(如塔木锡铅锌矿)。岩体外围为脉 型的金多金属(如艾西买金矿)。哈拉峻地区主要稀 有金属矿有巴什苏洪(或巴什索贡)铌钽矿、卡拉多维 铌铈稀有矿、苏洪东铌钽矿、塔木铌矿。巴什苏洪铌 钽矿地表主要产于碱性花岗岩脉中及两侧伟晶岩化 蚀变带中。库尔勒附近有阔克塔格稀土铌钽锆矿、巴 什库勒铍矿。西南天山稀有金属主要为碱性花岗岩 型、碱性正长岩型、花岗伟晶岩型和碱性伟晶岩型, 以铌钽成矿为特色(邹天人等, 2002, 2006; 徐海明等, 2012; 肖昱等, 2021; 余元军等, 2021)。

西淮噶尔主要有和布克赛尔县白杨河超大型火 山热液型铍铀钼矿。西天山稀有金属矿有昭苏县夏 塔铍矿、昭苏县东图廓勒铍矿、精和县沙音土拜铍矿 (邹天人等,2006)。赛里木沃托格赛尔河北岸1处小 型铌钽矿和两处铌钽矿点,产于长城系哈尔达坂群中 二叠世二长花岗岩边部及围岩中,矿床类型主要为花 岗细晶岩型、石英脉型及伟晶岩型,伴生元素有钨、 锡、钼、锂等。

总之,新疆中亚造山带不同地区成矿类型和成矿 元素明显不同。①阿尔泰稀有金属成矿带空间上集 中于中阿尔泰,其次是南阿尔泰,矿床类型主要是伟 晶岩型,少量花岗岩型,成矿元素复杂,主要是Li、Be、 Nb、Ta,可可托海还富集 Rb、Cs、Hf。②西准噶尔稀 有金属矿不发育,主要为火山热液型铍铀钼矿。③东 天山稀有金属矿主要类型为伟晶岩型和花岗岩型,少 量矽卡岩型,以铷成矿为特色。④西南天山的稀有金 属矿床主要集中在拜城和哈拉峻地区,成矿作用与碱 性岩有关,主要为碱性花岗岩型、碱性正长岩型和碱 性伟晶岩型,以 Nb、Ta 成矿为特色。

3 主要矿床特征

3.1 卡鲁安盖锂矿

卡鲁安锂矿位于中阿尔泰柯鲁木特-吉得克矿集 区,包括 813、814、815、816、817、809、807、806、803、 802 号脉,其中 807、806 规模最大,锂资源量达到大型 规模。矿区南部的 650 号脉又称为库卡拉盖锂矿,是 该矿区最早发现的含锂伟晶岩脉。 矿区出露地层为中—上志留统库鲁木提群下亚群 红柱石、矽线石、堇青石、十字石黑云母石英片岩(图4)。 矿区东侧外围出露哈龙花岗岩基(650脉距岩体距离 2~3 km)。伟晶岩脉受近 SN 向与近 EW 向构造裂隙



图4 卡鲁安-库卡拉盖矿区地质略图(据申茂德等, 2016) Fig. 4 Geological sketch map of the Kalu'an-Kukalagai Li deposit

控制。807脉产于黑云石英片岩中,为斜交片岩侵入 的不规则脉状体,呈NNE向展布,向SE倾伏,在倾向 及走向上均呈弧形展布(图5)。地表断续出露长达 1300m,厚1.5~2.7m。深部钻孔控制最大延长860m, 最大厚度15.62m,平均厚度6.13m,具有分支复合及 膨胀狭缩现象。807号脉垂向上可分成两种类型的伟 晶岩脉,上部为含锂云母石英-钠长石伟晶岩脉,下部 为石英-钠长石-锂辉石伟晶岩脉,两者过渡界线在标 高2400m。根据矿物共生组合特征,上部可划分出石 英白云母结构带和含锂云母石英钠长石结构带;下部 可划分出石英白云母结构带、石英钠长石结构带和石 英钠长石锂辉石结构带。上部和下部脉体边缘壳由 细晶结构组成。围岩蚀变为白云母化和电气石化。 以Li矿化为主,Li₂O平均品位为1.2%,伴生BeO平均 品位0.046%、Ta₂O₅和/或Nb₂O₅平均品位为0.0162%。 矿石矿物有锂辉石、锂云母、白云母、石英、钠长石、铌 钽矿、微斜长石、石榴石、氟锂辉石、绿柱石、黄玉、磷 灰石、电气石等(申茂德等,2016;三金柱等,2020)。





3.2 波孜果尔 Nb-Ta 矿

波孜果尔铌钽矿位于拜城县城正北直距约 43 km 处,属于西南天山。波孜果尔矿区出露地层为志留系 穷库什太组大理岩、片理化泥质粉砂岩、绢云黑云石 英片岩和结晶灰岩。矿区内侵入岩为霓石花岗岩和 黑云母钾长花岗岩,侵入于穷库什太组二岩段大理岩 中(图 6)。矿化赋存于霓石花岗岩中,具有全岩矿化 特征。霓石花岗岩呈不规则椭圆形小岩株,由顶部向 下依次为:霓石似伟晶岩→霓石钠长花岗岩→钠闪石 -寬石花岗岩。富含萤石和方解石,并富含碱性长石。 矿体厚板状, NW-SE 向延伸, 矿体长为 2.8 km, 宽为 0.5~1.1 km, 矿体平均厚度为 173 m, 面积约为 2.1 km²。 矿石类型分为粒状镶嵌结构霓石花岗岩矿石、似片麻 状霓石花岗岩矿石、似斑状霓石花岗岩矿石和碎裂状 花岗岩矿石。矿石构造主要为稀疏浸染状构造, 偶见 细脉浸染状构造。矿石矿物以烧绿石为主, 次为独居 石、磷钇矿、钍石、硅钙钍石、硅钙锆石等; 脉石矿物 以钠长石、微斜长石、石英为主, 少量霓石、钠闪石和





微量的钛铁矿、磁铁矿、磷灰石、云母等。烧绿石(黄 绿石)呈浸染状均匀分布于脉石矿物颗粒间。铌矿的 Nb₂O₅氧化物量为 32.24 万 t,平均品位为 0.041 8%; 钽 矿的 Ta₂O₅氧化物量为 2.21 万 t,平均品位为 0.002 8%; 铷矿的 Rb₂O 氧化物量为 64.13 万 t,平均品位为 0.083 1%。 铌矿为大型矿床,钽矿为超大型矿床(徐海明等, 2012; 刘春花, 2014; 董连慧, 2018)。

3.3 镜儿泉 Li-Be-Nb-Ta 矿

镜儿泉 Li-Be-Nb-Ta 矿床位于镜儿泉西北 6 km 处,属于东天山觉罗塔格构造带东段。矿区主要出 露侵入岩(图 7),主要为白云母花岗岩,局部地段有 二云母花岗岩的分异相,少量黑云母花岗岩、辉长 岩类。白云母花岗岩中发现伟晶岩脉 165条,95% 以上伟晶岩脉赋存于白云母花岗岩岩体顶部,其中 具有工业意义的有两条。其中,1号脉以 Li-Be-NbTa 矿化为主, 2 号脉以 Be-Nb-Ta 矿化为主。1 号伟 晶岩脉长为 800 m, 宽为 1~36 m, 有明显的膨胀狭缩 现象, 矿脉划分为 I、II、III、IV 等 4 个膨胀体。1 号 膨胀体长为 90 m, 膨大部位宽为 25 m, 狭缩部位宽 为 11.5 m, 结构分带由内向外依次为: 块体石英→文 象伟晶岩带→中粒准文象伟晶岩带→细粒花岗伟晶 岩带。IV 号膨胀体长为 225 m, 膨大部位宽为 15 m, 狭缩部位宽为 2 m, 结构带由内向外依次为块体石英 带→块体微斜长石带→小块体带→文象带→准文象 带→细粒花岗伟晶岩带。

1 和 2 号脉矿石中主要矿石矿物为锂云母、锂辉石、绿柱石和铌钽铁矿。1 号脉中石英锂辉石矿带和小块体含锂辉石矿带平均品位:手选锂辉石为11.02%~28.01%,BeO为0.056%~0.29%,(Ta₂O₅+Nb₂O₅)为0.02%~0.06%。II 号膨胀体中石英-锂云母-锂辉





石带矿石品位: Li₂O 为 2.15%, BeO 为 0.21%, Nb₂O₅ 为 0.032%, Ta₂O₅ 为 0.019%(三金柱等, 2020)。

3.4 张宝山 Re 矿

张宝山超大型铷矿位于东天山中天山地块东部 (图 3),哈密市星星峡镇北东约 30 km 处,与甘肃瓜州 国宝山超大型铷矿相距约 35 km。白石头泉岩体划分 为5个渐变的相带(图 8),即淡色花岗岩(a带)、含天 河石花岗岩(b带)、天河石花岗岩(c带)、含黄玉天河 石花岗岩(d带)和黄玉钠长石花岗岩(2带)。在 a 和 c带中局部有天河石伟晶岩囊状体,c带局部发育含绿 柱石伟晶岩脉和囊状(顾连兴等,2007)。2012年甘肃 地质调查院对该矿进行评价,在二长花岗岩、含天河 石花岗岩、天河石花岗岩、含黄玉天河石花岗岩中圈 定矿化带3个,以Rb₂O含量0.1%初步圈定矿体70条。 其中,Rb-27、Rb-28、Rb-32、Rb-35、Rb-36、Rb-37及 Rb-46号矿体规模较大。矿体长为20~1700m,宽度 为1~26m,Rb₂O品位为0.1001%~0.3541%,平均品位为 0.1170%。矿石中主要矿物成分为天河石、石英,含少 量绿柱石、电气石和云母等。圈定Rb₂O基础储量为 67080t,远景Rb₂O资源储量超90万t。矿石中铷主 要以类质同象的形式存在于铁锂云母矿物(0.35%~ 0.67%Rb₂O)和天河石(0.36%~0.41%Rb₂O)中(甘肃 省地质调查院,2016;董连慧,2018;李通国等,2018; 吴昌志等,2021)。



图8 东天山张宝山铷矿地质简图及勘探线剖面图(据甘肃省地质调查院, 2016; 董连慧, 2018; 刘延兵等, 2023) Fig. 8 Geological sketch map and cross-section of the Zhangbaoshan Rb deposit

4 成矿时代

笔者收集前人及本团队在新疆中亚造山带开展的稀有金属矿年代学资料,主要是含矿伟晶岩、含矿 花岗岩、含矿碱性花岗岩、含矿碱性正长岩,个别与 成矿有关侵入体的锆石、铌钽矿、锡石、独居石 LA-ICP-MS、SHRIMP U-Pb,白云母 Ar-Ar,辉钼矿 Re-Os 年龄。48 个矿床(含甘肃国宝山铷矿)137 个年 龄数据,变化于151~476 Ma(表1,图9)。

阿尔泰 40 个矿床年龄变化最大,成矿最早是也 留曼 REE--Nb 矿,形成于 476 Ma,最晚成矿是别也萨 麻斯 Li-Be--Nb-Ta 矿,形成于 151~157 Ma。稀有金 属矿年龄介于 151~476 Ma,出现 155~295 Ma 和 335~ 475 Ma 两个区间,前者具有连续成矿特征,但主要集 中在185~255 Ma(早侏罗世—三叠纪),在190~220 Ma 出现了峰值,有13个矿床出现在该年龄区间,表明 190~220 Ma 是成矿高峰期。在230~240 Ma 区间有 8个矿床,也是重要成矿时期。335~475 Ma 有 8 个矿 床出现了这个区间的年龄,比较分散。拜城工业白云 母 Li-Be-Nb-Ta 矿中白云母 Ar-Ar 年龄为436 Ma,但 伟晶岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄为274~275.5 Ma; 库威工业白云母-REE-Nb-Ta-Be 矿白云母 Ar-Ar 年 龄为369.8 Ma,但伟晶岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄 为192.9~200.2 Ma,两个矿床的 Ar-Ar 年龄与 U-Pb 年龄相差很大,是否为多期成矿有待深入研究。

东天山 4 个稀有金属矿 18 个成矿年龄变化于 238~251 Ma,峰值为 245 Ma。西南天山 3 个稀有金 属矿 8 个成矿年龄介于 275~292 Ma,峰值为 275 Ma。 西准噶尔白杨河 Be-U-Mo 矿成矿作用发生在 303 Ma。

表1 新疆中亚造山带稀有金属矿成矿年龄

Tab. 1 Summary of geochronological data for rare meta deposits in the Central Asian Orogenic Belt, Xinjiang

国気率 国気率 1 世間愛根EP-Nb ⁶ 供品学 第石LA-ICP-MS U-Pb 476±12 「ご菜芋等、2011 2 事素就告新希在桌上並自云母a ^a 自云母 An-ArFe 龄 476±12 「ご菜芋等、2011 3 算減工业自云母Li-Bc-Nb-Taa ^a 供品学(No.40) 傍石LA-ICP-MS U-Pb 255±42 【ご菜芋等、2011 4 賞買求比容Li-Bc-Nb-Taa ^a 供品学 竹品ご名 An-ArFe 龄 285±35 Local_2016 5 介有 ND-Ta-Bc ⁶ 化 自云母 An-ArFe 龄 2864±16 Zhou cal_2016 5 介有 ND-Ta-Bc ⁶ 化 白云母 An-ArFe 龄 369±4.04 王堂红零, 2002 6 作或工並口云母-ARFE-ND-Taa ^a 作品学 街石U-N 200.2±1.9 紫海等, 2019 作品学 竹石LA-CP-MS U-Pb 353.5±4.2 Local_2018 第第第等, 2019 作品学 竹石LA-CP-MS U-Pb 353.5±4.2 Local_2018 第第第等, 2019 第本社会 ND-Taa ^a 供品学 竹石LA-CP-MS U-Pb 353.5±4.2 Local_2018 9 第水田RD-ND-Taa ^a 伊格ご 荷石LA-CP-MS U-Pb 235.5±4.2 Local_2012 10 加水花台 B-ND-Ta ^a 伊能ご 荷石L	序号	矿床	测试对象	测试方法	年龄(Ma)	参考文献		
1 也密奏在EE-NoF 信品 営用した 日本の年齢 476 ± 12 住室奏等 . 2002 3 廃蔵台商福全局工业自云母ず 自云母 A=Ar祥幸齢 447.6 ± 32 王登在等 . 2002 3 廃城工业自云母は-Be-Nb-Tai [®] 作品学(No.40) 営行LA-LCP-MS U-Pb 275.5 ± 42 1 € ± 5 年 . 2001 4 育河塔拉寺山-Be-Nb-Tai [®] 作品学(No.40) 営行LA-LCP-MS U-Pb 385.9 ± 3.5 La et al. 2011 5 がた良変ま」20日云母ず . 作品学 Ar-Ar等相球 4 286.4 ± 1.6 Zhou et al. 2016 6 所成工业自云母-Nb-Tai [®] 自云母 Ar-Ar等相球年 4 286.4 ± 1.6 Zhou et al. 2017 7 作成下水ーTai-Bell* 自云母 Ar-Ar等相球年 4 286.4 ± 1.6 Zhou et al. 2017 6 形成工业日云母-REE-Nb-Tai [®] 自云母 Ar-Ar等相球年 4 2002 ± 1.9 来前季 . 2019 7 阿木枝宮山-Be-Nb-Tai [®] 作品学 営石LA-ICP-MS U-Pb 398.3 ± 6.4 Lot al. 2012 8 女木樹村日Be [®] 千品学 営石LA-ICP-MS U-Pb 283.0 ± 3 Lot al. 2012 7 阿木枝宮山-Be-Nb-Tai [®] 千品学 営石LA-ICP-MS U-Pb 283.0 ± 3 Lot al. 2017		阿尔泰						
2 原素給含素有金属工业自云母町 白云母 Ar-Ar甲4約 47.6 ± 32 王 密北 57. 50.00 3 理域工业自云母1-Be-Nb-Taf 作品だ(No.40) 倍石1-CP-MS U-B 275.5 ± 42 任星球季5.201 4 音河塔拉特L-Be-Nb-Taf 作品艺(No.40) 倍石1-CP-MS U-B 274.6 ± 33 Lactal.201 5 乔拉克素工业自云母声矿 白云母 Ar-Ar节号数 39.9 ± 0.4 王 84.5 °, 2002 6 序道克考工业自云母-RE-Nb-Taf 白云母 Ar-Ar节号数 39.9 ± 0.4 王 84.5 °, 2002 6 序成工业自云母-RE-Nb-Ta-Bef* 信云母 Ar-Ar节号数 39.8 ± 0.4 王 84.5 °, 2019 7 原本技習工业自云母-REE-Nb-Ta-Bef* 信品智 Ar-Ar节号数 39.8 ± 0.4 王 84.5 °, 2019 7 原本技習工业EA-Nb-Taf* 作品習 倍石1-UP-NS U-Pb 192.9 ± 1.5 系常 9.2019 7 原本技習工LBE-Nb-Taf* 作品習 倍石1-UP-NS U-Pb 33.8 ± 4.6 Iactal_2018 8 牧木胡夸Bef* 作品習 倍石1-UP-NS U-Pb 29.2 ± 1.8 ± 8.7 ± 8.2019 7 原本控算工地EA-Nb-Taf* 作品習 倍石1-UP-NS U-Pb 29.4 ± 1.6 ± 1.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ± 2.2 ±	1	也留曼REE-Nb矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	476 ± 12	任宝琴等,2011		
1 江京寺 A - A/L부 平衡 4 56 = 05 王 学 25 5 = 42 ビ 学 27 5 5 = 42 ビ 学 27 5 5 = 42 ビ 学 27 5 5 = 42 E 2 2 4 0 = 5.3 Lie et al. 2011 4 宮河塔拉袋山-Be-Nb-Tai ⁰ 伯高労 協石山-ICP-MS U-Pb 385 9 = 3.3 Lie et al. 2018 5 乔拉克楽工业白云号町, 作 A Nb-Ta-Be0 [°] 化 白云母 Ar A-Ar等年龄 385 9 = 3.3 Lie et al. 2018 6 序政克楽工业白云号町, 作 A Nb-Ta-Be0 [°] 化 白云母 Ar A-Ar等年龄 300.3 = 0.4 T 经 1 * 7.000 6 座威工业白云母-REE-Nb-Ta-Be0 [°] 化 白云母 Ar A-Ar等年龄 300.8 = 0.4 T 经 1 * 7.000 7 阿木拉宮 山-Be-Nb-Ta-Be0 [°] 化 白云母 Ar A-Ar等年龄 300.8 = 0.4 T 经 1 * 7.000 8 秋太豹 P Be0 [°] 作品労 協石U-Pb 197.3 = 1.3 変 # 7.019 7 阿木牧宮 H P P P P P P P P P P P P P P P P P P	2	那森恰含稀有金属工业白云母矿	白云母	Ar-Ar年龄	447.6 ± 3.2	王登红等, 2002		
3 邦城工业自立司は-Be-Nb-Tai [®] 作品賞(N0.40) 倍石[LA-ICP-MS U-Pb] 275.5±42 住室琴等, 2011 4 音荷悠穀特1i-Be-Nb-Tai [®] 伯云母 水石·水草甲酸 285.9±3.5 Lotal_2018 5 乔拉克莫工业自云母が、 白云母 水石·水草甲酸 286.9±1.6 Zhou cal_2016 5 乔拉克莫工业自云母→ボ 白云母 水石·水草甲酸 309.3 正登在等, 2002 6 序東京工业自云母→RED-Nb-Ta=Be [®] 白云母 水石·水草甲酸 309.8±0.4 T 受打字, 2002 6 摩東京工业自云母→RED-Nb-Ta=Be [®] 白云母 水石·水草甲酸 309.3 正登江等, 2002 7 阿木拉宫L-Be-Nb-Ta [®] 白云母 水石·水草甲酸 309.2±0 栗橋考, 2019 6 摩東京工业自云母→RED-Nb-Ta [®] 伊茄岩 竹石-LCP-MS U-Pb 192.9±1.3 変膚考, 2019 7 阿木拉宫L-Be-Nb-Ta [®] 伊茄岩 竹石-LCP-MS U-Pb 192.9±1.8 正はコ, 2018 8 秋水南目 伊茄岩 竹石-LCP-MS U-Pb 283.9±2 b6 含 太 10 致 9 将軍山政-Nb-Ta [®] 伊茹岩 菅石L-LCP-MS U-Pb 283.9±2 b6 含 太 10 ℜ 10 同女哈目 伊士着 竹石L-LCP-MS U-			白云母	Ar-Ar坪年龄	436 ± 0.5	王登红等, 2002		
中島岩(No.40) 第石1A-ICP-MS U-Pb 第在1A-ICP-MS U-Pb 第在1A-ICP-MS U-Pb 第在1A-ICP-MS U-Pb 328.4216 Iactal, 2018 328.4216 4 青河班技特Li-Bc-Nb-Tae' 作品子 白云圩 Ar-Ar年年齢 320.3 E型红茶, 2002 5 乔皮皮電工业白云圩ず, 作石N-Ta-Ber (L 白云圩 Ar-Ar年年齢 369.82.04 E型公平, 2002 6 原東工业白云号-REE-Nb-Ta-Ber (L 白云圩 Ar-Ar年年齢 369.82.04 E型公平, 2002 7 原東工业白云号-REE-Nb-Ta-Ber (L 伯云圩 協石U-Pb 192.22.15 孫等不, 2019 7 原木型白云号-REE-Nb-Tae' 作品岩 菅石1A-ICP-MS U-Pb 333.04 I.actal, 2018 8 坂木動号Berber 作品岩 菅石1A-ICP-MS U-Pb 333.04 I.actal, 2018 9 弟不順Bb-Nb-Tab' 伊长花岗 菅石1A-ICP-MS U-Pb 235.32.46 E宝安寺, 2019 10 岡水市台Bc-Nb-Tab' 作品岩 菅石1A-ICP-MS U-Pb 235.42 I.actal, 2017 11 加速号Bc-Nb-Tab' 作品岩 菅石1A-ICP-MS U-Pb 255.42 I.actal, 2017 11 加速号Bc-Nb-Tab' 作品岩 菅石1A-ICP-MS U-Pb 255.42 I.actal, 2017 11 加速号Bc-Bo-Nb-Tab' 作品岩 <td< td=""><td>3</td><td>拜城工业白云母Li-Be-Nb-Ta矿</td><td>伟晶岩(No.40)</td><td>锆石LA-ICP-MS U-Pb</td><td>275.5 ± 4.2</td><td>任宝琴等,2011</td></td<>	3	拜城工业白云母Li-Be-Nb-Ta矿	伟晶岩(No.40)	锆石LA-ICP-MS U-Pb	275.5 ± 4.2	任宝琴等,2011		
4 音可塔拉特Li-Be-Nb-Tag 倍晶岩 信石LA-ICP-MSU-Pb 3859±35 Lactal,2018 5 存在文章文章工业自云母家, 作有Nb-Ta-Beë'化 □云母 Ar-Ar学时我中景 3003 王登江令,2002 6 序成工业自云母家, 作有Nb-Ta-Beë'化 □云母 Ar-Ar学时我中景 309 ±019 王登江令,2002 6 序成工业自云母-REE-Nb-Ta-Beë' 伯品岩 街石U-Pb 302 ±19 王登江令,2002 7 阿木拉文山-Be-Nb-Ta-Bee' 作品岩 街石U-Pb 192 ±15 活業寺,2019 7 阿木拉文山-Be-Nb-Tae' 作品岩 街石U-CP-MSU-Pb 383 ±46 Lactal,2018 8 秋本物中Bee' 作品岩 菅石U-Pb 192 ±15 活業寺,2019 7 阿木拉文山-Be-Nb-Tae' 伊島岩 菅石U-CP-MSU-Pb 383 ±46 Lactal,2018 8 秋本物中Bee' 作品岩 菅石U-CP-MSU-Pb 283 ±46 Lactal,2018 10 阿木市台Be-Nb-Tae' 作品岩 菅石U-CP-MSU-Pb 283 ±46 Lactal,2018 11 加愛哈巴Be-Nb-Tae' 作品岩 菅石U-CP-MSU-Pb 283 ±46 Lactal,2011 12 加愛尼思Pb 「白田会社 菅石U-CP-MSU-Pb			伟晶岩(No.40)	锆石LA-ICP-MS U-Pb	274.0 ± 5.3	Lü et al., 2021		
4 市岡希祉物に-P6-No-Ta9 白云母 Ar-Ar坪年齢 286 4±16 Zhouetal, 2016 5 赤花克葉工业白云母ず、 作有N-Ta-Be0*化 白云母 Ar-Ar等时就年齢 370.3 王登紅寺、2002 6 摩蔵工业白云母-REE-Nb-Ta-Be0* 伯云母 Ar-Ar等可就年齢 360 8±04 王登紅寺、2002 6 摩蔵工业白云母-REE-Nb-Ta-Be0* 作品岩(No.554) 街石U-Pb 192 9±15 渓紫寺、2019 7 阿木拉拉山-Bc-Nb-Ta6* 作品岩(No.554) 街石U-Pb 192 9±15 渓紫寺、2019 7 阿木拉拉山-Bc-Nb-Ta6* 作品岩(No.554) 街石U-Pb 192 9±15 渓紫寺、2019 7 阿木拉古山-Bc-Nb-Ta6* 作品岩(No.1-CP-MSU-Pb 333 0±3 1 Lactal, 2018 8 依木物特Be0* 作品岩(HoLA-ICP-MSU-Pb 235 0±2 Mo金木和党末 9 米尔山Rb-Nb-Ta6* 作品岩(HoLA-ICP-MSU-Pb 235 0±2 Ho金金木見党末 10 阿木町合Be-Nb-Ta6* 作品岩(HoLA-ICP-MSU-Pb 235 0±2 Ho金金木見学素 11 加愛哈巴Be-Nb-Ta6* 作品岩(HoLA-ICP-MSU-Pb 263 4±16 任宝孝寺、2011 11 加愛哈巴Be-Nb-Ta6* 作品岩(HoLA-ICP-MSU-Pb 263 8±16 任宝孝寺、2011			伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	385.9 ± 3.5	Lü et al., 2018		
5 并在 次年 平 年 日 三 号 4 白 云 母 入 - Ar等 時 我 中 年 中 30.3 王 登 4 つ, 20 6 作 成 N - Ta - Be 0* 化 白 云 母 A - Ar 坪 平 年 か 300 8 + 04 王 登 4 つ, 20 6 作 成 1 - D 100 2 + 19 死 ボ 5 つ, 20 死 ボ 5 つ, 20 7 阿 水 注 1 - D 104 2 + 18 死 ボ 5 つ, 20 ※ 第 5 - 2019 7 阿 水 注 1 - D - N - Ta - D 作 品 2 市 石 1 - D 192 9 + 15 死 ボ 5 - 2019 7 阿 水 注 1 - D - N - Ta - D 作 品 2 前 石 1 - D - N - 10 333 0 + 3 1 G a et al. 2018 8 坂 木 初 市 D - Ta - D 伊 米 注 以 営 第 石 1 - 1 - C - MS U - D 253 0 + 2 秘 5 - 2 + 2 9 将 軍 山 D - N - Ta - D 伊 米 注 以 営 第 石 1 - 1 - C - MS U - D 264 + 16 1 G a et al. 2012 10 阿 水 注 0 - D - Ta - D 作 品 2 前 石 1 - 1 - C - MS U - D 265 + 16 E 宝 字 奈 - 2011 11 加 空 奇 U - D - N - Ta - D 作 品 2 前 石 1 - 1 - C - MS U - D 265 + 12 E 宝 - 2 - 2 12 也 田 愛 B - D - N - Ta - D 作 品 2 前 石 1 - 1 - 1 - MS U - D 263 + 16 <t< td=""><td>4</td><td>青河塔拉特Li-Be-Nb-Iad</td><td>白云母</td><td>Ar-Ar 坪年龄</td><td>286.4 ± 1.6</td><td>Zhou et al., 2016</td></t<>	4	青河塔拉特Li-Be-Nb-Iad	白云母	Ar-Ar 坪年龄	286.4 ± 1.6	Zhou et al., 2016		
自云時 An-Ar坪年齢 369.8±04 王登1年年,2020 作品岩 第石U-Pb 929±15 死黄年、2019 作品岩 第石U-Pb 1973±13 死黄年、2019 作品岩 第石U-Pb 1929±15 死黄年、2019 作品岩 第石U-Pb 1929±15 死黄年、2019 作品岩 第石U-Pb 1929±15 死黄年、2019 第本はたちやし下記が 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 333.0±3 Letal,2018 第本山たらしたしてが 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 294.2±16 任金年、2011 加量時間と目を-Nb-Taが 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 294.2±16 任金年、2011 加量時間と目を-Nb-Taが 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 294.2±16 任金は3,202 11 加量原目 Be-Nb-Taが 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 294.2±16 任金±3,201 12 世留愛Be/8 ⁻¹ 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 294.2±16 任金±3,201 13 第东京東市のも下aが 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 294.2±16 任金±3,201 14 伊尔派取正しき-Nb-Taが 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 235.2±27 Leatal,2021 15	5	乔拉克赛工业白云母矿, 伴有Nb-Ta-Be矿化	白云母	Ar-Ar等时线年龄	370.3	王登红等, 2002		
作成工业白云母-REE-Nb-Ta=Bei倍晶岩館石U-Pb2002±19残営等、2019作成工业白云母-REE-Nb-Ta=Bei停品岩館石U-Pb1942±13死営等、2019停品岩館石U-Pb1942±13死営等、2019停品岩館石U-Pb192±15死営等、2019第市本口PA102±15死営等、2019第市本口PA102±15死営等、2019第市本口PA102±15気営等、2011第市本口PA市品二CP-MSU-Pb238.0±2福台式、20189将常山RL-Nb-Taë伊島岩暗石LA-ICP-MSU-Pb238.0±2福台式、201810阿木斯台Be-Nb-Taë停島岩暗石LA-ICP-MSU-Pb237.5±22Latetal, 201811加魯哈巴Be-Nb-Taë作品岩暗石LA-ICP-MSU-Pb237.5±26「江安等、201112电留鼓Beë作品岩暗石LA-ICP-MSU-Pb235.8±16「江安等、201113塔尔浪Beë作品岩管石LA-ICP-MSU-Pb235.8±16「江安等、201114伊尔加克Li-Be-Nb-Taë作品岩管石LA-ICP-MSU-Pb255.5±27Latetal, 202113塔尔涼Be-Nb-Taë作品岩管石LA-ICP-MSU-Pb255.5±27Latetal, 202114伊尔加克Li-Be-Nb-Taë作品岩管石LA-ICP-MSU-Pb255.5±27Latetal, 202115阿克巴斯塔乌Be-Nb-Taë作品岩管石LA-ICP-MSU-Pb255.5±27Latetal, 202116ປオ东切克Be-Nb-Taë作品岩管石LA-ICP-MSU-Pb255.5±27Latetal, 202117阿尼巴Nb-Taë作品岩管石LA-ICP-MSU-Pb255.5±27Latetal, 202118千元花子管石LA-ICP-MSU-Pb255.5±27Latetal, 202119阿克巴Nb-Taë作品岩管石LA-ICP-MSU-Pb </td <td></td> <td></td> <td>白云母</td> <td>Ar-Ar坪年龄</td> <td>369.8 ± 0.4</td> <td>王登红等, 2002</td>			白云母	Ar-Ar坪年龄	369.8 ± 0.4	王登红等, 2002		
6 库成工业自云母-REE-Nb-Ta-Bee* 作品岩 倍石U-Pb 197.3±1.3 米解等, 2019 7 阿木拉宮Li-Be-Nb-Ta* 作品岩 倍石U-Pb 192.2±1.8 米麻寺, 2019 7 阿木拉宮Li-Be-Nb-Ta* 作品岩 倍石LA-UP-MSU-Pb 353.3±4.6 Luctal, 2018 8 秋木勒特Eem* 作品岩 倍石LA-UP-MSU-Pb 333.0±3 Luctal, 2018 9 将军加Bb-Nb-Ta* 伊毛港 倍石LA-UP-MSU-Pb 333.0±3 Luctal, 2012 10 阿木斯台Be-Nb-Ta* 伊毛岩 倍石LA-UP-MSU-Pb 235.3±2 Luctal, 2012 11 加曼哈巴Be-Nb-Ta* 伊岳岩 倍石LA-UP-MSU-Pb 269.4±1.6 任宝孝寺, 2011 11 加曼哈巴Be-Nb-Ta* 伊福岩 倍石LA-UP-MSU-Pb 263.4±1.6 任宝孝寺, 2011 12 也留曼Be* 作品岩 倍石LA-UP-MSU-Pb 263.4±3.1 Luctal, 2021 13 塔尔浪島e* 竹品台 倍石LA-UP-MSU-Pb 263.4±1.6 任宝孝寺, 2011 14 萨尔加克Be-Nb-Ta* 作品岩 倍石LA-UP-MSU-Pb 255.9±7.1 Luctal, 2021 15 阿克巴斯塔克Be-Nb-Ta* 作品岩 倍石LA-UP-MSU			伟晶岩	锆石U-Pb	200.2 ± 1.9	张辉等, 2019		
作品岩 第石U-Pb 1942±1.8 兆弊等, 2019 7 阿木拉宮Li-Be-Nb-Taë [*] 作品岩 第石U-Pb 192.9±1.5 兆弊季, 2019 8 秋木勒特Be [*] 作品岩 第石U-Pb 33.0±3 Luctal, 2018 9 将军山Rb-Nb-Taë [*] 伊长花岗岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 233.0±2 Hača 4, 2018 10 阿木斯白Be-Nb-Taë [*] 伊花花岗岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 293.0±2 Hača 4, 2018 11 加曼哈巴Be-Nb-Taë [*] 伊花花岗岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 205.5±4.2 Luctal, 2012 11 加曼哈巴Be-Nb-Taë [*] 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 206.4±4.0 Lūctal, 2021 12 也留曼Be [*] 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 206.4±4.0 Lūctal, 2021 13 塔尔浪Be [*] 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 205.5±2.7 Luctal, 2021 14 萨尔加克Li-Be-Nb-Taë [*] 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 255.5±2.7 Luctal, 2021 15 阿克巴B-Nb-Taë [*] 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 255.25±2.7 Luctal, 2021 16 ジボボガラシン 作品岩 第石LA-ICP-MSU-Pb 255.25±2.	6	库威工业白云母-REE-Nb-Ta-Be矿	伟晶岩(No.554)	锆石U-Pb	197.3 ± 1.3	张辉等, 2019		
市井島岩 第石U-Pb 1929±1.5 光着等, 2019 7 阿木拉宮Li-Be-Nb-Taθ' 作品岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 338.3 4.6 Lot el., 2018 9 将军山Rb-Nb-Taθ' 伊尾岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 238.0 ±3 Lot el., 2018 9 将军山Rb-Nb-Taθ' 伊尾岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 238.0 ±3 Lot el., 2012 10 阿木斯台Be-Nb-Taθ' 伊高岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 255.5 ±4.2 Lot el., 2021 11 加曼哈巴Be-Nb-Taθ' 伊高岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 250.4 ±0 Lot el., 2021 13 広奈浪Bed' 作品岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 260.4 ±0 Lot el., 2021 14 萨尔加克Li-Be-Nb-Taθ' 作品岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 255.5 ±2.7 Lot el., 2021 15 阿克巴斯塔乌Be-Nb-Taθ' 作品岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 255.5 ±2.7 Lot el., 2021 16 切木尓切克Be-Nb-Taθ' 作品岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 255.5 ±2.7 Lot el., 2021 16 切木尓切克Be-Nb-Taθ' 作品岩 倍石LA-ICP-MSU-Pb 253.6 ±3.8 Lot el., 2021 16 切木东切克Be-Nb-Taθ' 作品岩			伟晶岩	锆石U-Pb	194.2 ± 1.8	张辉等, 2019		
7 阿木拉宮Li-Be-Nb-Tai ^o 作品岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 358.3 ± 4.6 Lot al., 2018 8 秋木勒特Bei ^o 作品岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 333.0 ± 3 Lot al., 2018 9 将军山Rb-Nb-Tai ^o 钾长花岗岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 283.0 ± 3 Lot al., 2012 10 阿木斯台Be-Nb-Tai ^o 作品岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 275.5 ± 4.2 Lot al., 2012 11 加曼哈巴Be-Nb-Tai ^o 作品岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 260.4 ± 0 Lot al., 2021 11 加曼哈巴Be-Nb-Tai ^o 作品岩 倚石LA-ICP-MS U-Pb 263.8 ± 1.6 任宝琴等, 2011 12 也留曼Be ^g 作品岩 倚石LA-ICP-MS U-Pb 263.8 ± 1.6 任宝琴等, 2011 13 塔尔波見be ^a 作品岩 倚石LA-ICP-MS U-Pb 263.8 ± 1.6 Lot al., 2021 14 彦尔加克Li-Be-Nb-Tai ^o 作品岩 倚石LA-ICP-MS U-Pb 255.5 ± 2.7 Lot al., 2021 15 阿克巴斯克山Be-Nb-Tai ^o 作品岩 倚石LA-ICP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 Lot al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Tai ^o 作品岩 倚石LA-ICP-MS U-Pb 233.8 ± 0.4 Feg ct al., 2020 <td></td> <td>伟晶岩</td> <td>锆石U-Pb</td> <td>192.9 ± 1.5</td> <td>张辉等, 2019</td>			伟晶岩	锆石U-Pb	192.9 ± 1.5	张辉等, 2019		
8 依木物特Be0" 作品岩? 倍石LA-CP-MS U-Pb 33.0 ± 3 Lt et al. 2018 9 将军山Rb-Nb-Ta0" 押に花岗岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 283.0 ± 2 参湾全木刊資料 10 阿木第白Be-Nb-Ta0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 283.0 ± 2 40万全木120 11 加曼哈巴Be-Nb-Ta0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 29.4 ± 1.6 任宝琴寺、2011 11 加曼哈巴Be-Nb-Ta0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 263.4 ± 1.6 任宝琴寺、2011 12 也留曼Be0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 263.4 ± 1.6 任宝琴寺、2011 13 塔尔旗宽山-Be-Nb-Ta0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 255.5 ± 2.7 1.6 et al.2021 14 萨尔加宽山-Be-Nb-Ta0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 1.6 et al.2021 15 阿克巴斯塔乌Be-Nb-Ta0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 1.6 et al.2021 16 动木尔切克Be-Nb-Ta0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 1.6 et al.2021 17 阿巴巴-Nb-Ta0" 作品岩 倚石LA-CP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 1.6 et al.2021 16	7	阿木拉宫Li-Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	358.3 ± 4.6	Lü et al., 2018		
9 将军山RbーNb-Tað 伊氏花岗岩 侍石LA-ICP-MS U-Pb 283.0±2 杉高全木刊资料 10 阿木斯台Ba-Nb-Tað 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 275.5±42 La et al., 2012 11 加曼哈巴Be-Nb-Tað 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 209.4±1.6 任宝琴等, 2011 11 加曼哈巴Be-Nb-Tað 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 260.4±4.0 La et al., 2021 12 也留曼Beð 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 260.4±4.0 La et al., 2021 13 塔东狼Beð 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 262.9±3.8 La et al., 2021 14 萨尔加克Li-Be-Nb-Tað 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 255.9±2.7 La et al., 2021 15 阿克巴斯塔乌Be-Nb-Tað 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 255.9±3.0 La et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Tað 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 255.9±3.2 La et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Tað 作品岩 坊石LA-ICP-MS U-Pb 255.9±3.2 La et al., 2021 17 阿巴含-塔拉号Be-Nb-Tað 作品岩 栃石LA-ICP-MS U-Pb 258.9±3.8 La et al., 2021 18 <td>8</td> <td>铁木勒特Be矿</td> <td>伟晶岩</td> <td>锆石LA-ICP-MS U-Pb</td> <td>333.0 ± 3</td> <td>Lü et al., 2018</td>	8	铁木勒特Be矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	333.0 ± 3	Lü et al., 2018		
10 阿木斯台Be-Nb-Tail 作品岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 275.5±42 La et al., 2012 11 加曼哈巴Be-Nb-Tail 作品岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 227.5±26 任宝琴等, 2011 11 加曼哈巴Be-Nb-Tail 停品岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 227.5±26 任宝琴等, 2011 12 也留曼Beil 停品岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 263.8±16 任宝琴等, 2011 13 塔东浪Beil 傍石LA-ICP-MS U-Pb 263.8±16 任宝琴等, 2011 14 萨尔加克Li-Be-Nb-Tail 停晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 255.5±2.7 La et al., 2021 15 阿克巴斯塔克Be-Nb-Tail 停晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 255.5±3.2 La et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Tail 停晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 255.5±3.2 La et al., 2021 17 阿巴宮-塔拉特Be-Nb-Tail 停晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 255.5±3.2 La et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Tail 停晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 255.5±3.2 La et al., 2021 19 阿克巴斯塔克Be-Nb-Tail 停晶岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 228.9±3.8 La et al., 2020 19 阿克巴斯	9	将军山Rb-Nb-Ta矿	钾长花岗岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	283.0 ± 2	杨富全未刊资料		
11 加曼哈巴Be-Nb-Taö ⁺ 倍晶岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 269 4±16 任宝琴等, 2011 11 加曼哈巴Be-Nb-Taö ⁺ 倍晶岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 237,5±2.6 任宝琴等, 2011 12 也留曼Beö ⁺ 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 260 4±4.0 La et al., 2021 13 塔东浪Beö ⁺ 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 262 9±3.8 La et al., 2021 14 萨尔加克Li-Be-Nb-Taö ⁺ 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 252 7±3.1 La et al., 2021 15 阿克巴斯塔乌Be-Nb-Taö ⁺ 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 253 5±2.2 La et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Taö ⁺ 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 253 5±3.2 La et al., 2021 17 阿巴首-塔拉特Be-Nb-Taö ⁺ 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 268 ±1.2 La et al., 2021 18 大喀拉莎Be-Nb-Taö ⁺ 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 231 8±4.7 変点章 5, 2013 19 阿克巴斯塔Be-Nb-Taö ⁺ 作晶岩 蛇石LA-ICP-MS U-Pb 229 ±1.4 Feng et al., 2020 14 熊子校 Beo ⁺ 作晶岩 蛇石LA-ICP-MS U-Pb 231 8±4.7 変点章 辛, 2013	10	阿木斯台Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	275.5 ± 4.2	Lü et al., 2012		
11 加曼哈巴Be-Nb-Taθ [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 237.5±2.6 任宝琴等, 2011 12 也留曼Bef [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 260.4±4.0 La et al., 2021 13 塔东浪Bef [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 263.8±1.6 任宝琴等, 2011 14 伊东加克Li-Be-Nb-Taf [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 252.7±3.1 La et al., 2021 15 阿克巴斯塔岛Be-Nb-Taf [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 253.0±3.0 La et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Taf [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 253.5±3.2 La et al., 2021 17 阿尼宮-塔拉特Be-Nb-Taf [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 253.5±3.2 La et al., 2021 17 阿尼宮-塔拉特Be-Nb-Taf [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 258.0±3.8 La et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Taf [*] 作晶岩 傍石LA-ICP-MS U-Pb 258.0±3.8 La et al., 2020 作晶岩 停品台 管石LA-ICP-MS U-Pb 231.8±4.7 素克章等, 2013 19 阿克巴斯塔克马· 作晶岩 铊石LA-ICP-MS U-Pb 239.0±3.8 Zou et al., 2016 19			伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	269.4 ± 1.6	任宝琴等, 2011		
12 也留曼Be6 [*] 特晶岩 特石LA-ICP-MS U-Pb 260.4 ± 4.0 Lu et al., 2021 13 塔尔源Be6 [*] 特晶岩 特石LA-ICP-MS U-Pb 263.8 ± 1.6 任宝琴等, 2011 13 塔尔源Be6 [*] 特晶岩 特石LA-ICP-MS U-Pb 262.9 ± 3.8 La et al., 2021 14 萨尔源DELi-Be-Nb-Ta6 [*] 特晶岩 特石LA-ICP-MS U-Pb 255.5 ± 2.7 Lu et al., 2021 15 阿克巴斯塔 9.Be-Nb-Ta6 [*] 特晶岩 特石LA-ICP-MS U-Pb 253.0 ± 3.0 Lu et al., 2021 16 切木水切克Be-Nb-Ta6 [*] 特晶岩 特石LA-ICP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 Lu et al., 2021 17 阿巴宮-塔拉特Be-Nb-Ta6 [*] 特晶岩 特石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lu et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Ta6 [*] 特晶岩 第石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lu et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Ta6 [*] 特晶岩 第石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lu et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Ta6 [*] 特晶岩 第石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lu et al., 2020 18 日本 第名 第石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lu et al., 2	11	加曼哈巴Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	237.5 ± 2.6	任宝琴等, 2011		
12 也留曼Bef 特晶岩 常石LA-ICP-MS U-Pb 263.8 ± 1.6 任主琴等, 2011 13 塔东浪Bef 伟晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 262.9 ± 3.8 Lū et al, 2021 14 萨尔加克Li-Be-Nb-Taf 伟晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 255.5 ± 2.7 Lū et al, 2021 15 阿克巴斯塔乌Be-Nb-Taf 伟晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 253.0 ± 3.0 Lū et al, 2021 16 切水东切克Be-Nb-Taf 伟晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 253.0 ± 3.0 Lū et al, 2021 17 阿巴宮-塔拉特Be-Nb-Taf 伟晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 Lū et al, 2021 18 小花水切克Be-Nb-Taf 伟晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lū et al, 2021 18 大喀拉赤Be-Nb-Taf 作晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lū et al, 2021 18 大喀拉赤Be-Nb-Taf 作晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lū et al, 2020 19 阿克巴斯塔岛Be-Nb-Taf 作晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 228.0 ± 4.8 Feng et al, 2020 19 阿克巴斯塔岛Be-Nb-Taf 伟晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 229.9 ± 1.4 Feng et al, 2020 </td <td></td> <td></td> <td>伟晶岩</td> <td>锆石LA-ICP-MS U-Pb</td> <td>260.4 ± 4.0</td> <td>Lü et al., 2021</td>			伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	260.4 ± 4.0	Lü et al., 2021		
12 也留發Bef 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 262.9 ±3.8 Lu et al., 2021 13 塔东浪Beず 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 255.5 ± 2.7 Lu et al., 2021 14 萨尔加克Li-Be-Nb-Taf 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 255.5 ± 2.7 Lu et al., 2021 15 阿克巴斯塔乌Be-Nb-Taf 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 253.0 ± 3.0 Lu et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Taf 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 Lu et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Taf 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 246.8 ± 1.2 Lu et al., 2021 17 阿巴宮-塔拉特Be-Nb-Taf 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 246.8 ± 1.2 Lu et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Taf 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 231.8 ± 4.7 萎克章 等, 2013 18 大喀拉苏Be-Nb-Taf 伟晶岩 铌石LA-ICP-MS U-Pb 239.9 ± 1.4 Feng et al., 2020 作晶岩 铊石LA-ICP-MS U-Pb 239.9 ± 1.4 Feng et al., 2020 作晶岩 铊铝 軟 TLA-ICP-MS U-Pb 239.9 ± 1.4 Feng et al., 2020 19 阿克巴斯塔马Bef 伟晶岩 髢石LA-ICP-MS U-Pb			伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	263.8 ± 1.6	任宝琴等, 2011		
13 塔尔浪 Be ⁽ⁱ⁾ 作晶岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 255.5±2.7 Lu et al., 2021 14 萨尔加克Li-Be-Nb-Taθ [*] 作晶岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 252.7±3.1 Lu et al., 2021 15 阿克巴斯塔乌 Be-Nb-Taθ [*] 作晶岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 253.0±3.0 Lu et al., 2021 16 切木尔切克 Be-Nb-Taθ [*] 作晶岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 253.5±3.2 Lu et al., 2021 17 阿巴宮-塔拉特 Be-Nb-Taθ [*] 作晶岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 246.8±1.2 Lu et al., 2021 18 万喀拉苏 Be-Nb-Taθ [*] 作晶岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 258.0±3.8 Lū et al., 2020 作晶岩 皓石 LA-ICP-MS U-Pb 258.0±3.8 Lū et al., 2021 18 大喀拉苏 Be-Nb-Taθ [*] 作晶岩 铌石 LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 作晶岩 铌钽 秋 of LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 作晶岩 能量 能量 1.2012 1.2021 1.2020 19 阿克巴斯塔乌 Be ^{6*} 作晶岩 铌石 LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 作量等 2.2013 1.2020 1.255.5 2.2013	12	也留曼Be矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	262.9 ± 3.8	Lü et al., 2021		
14 萨尔加克Li-Be-Nb-Taヴ 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 252.7±3.1 Lu et al., 2021 15 阿克巴斯塔乌Be-Nb-Taず 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 253.0±3.0 Lu et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Taず 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 253.5±3.2 Lu et al., 2021 17 阿巴宫-塔拉特Be-Nb-Taず 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 246.8±1.2 Lu et al., 2021 18 丁喀拉苏Be-Nb-Taず 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 258.0±3.8 Lu et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Taず 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 258.0±3.8 Lu et al., 2020 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 231.8±4.7 茎克莺等, 2013 「市晶岩 12020 「作晶岩 铌钽軟TLA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 「市晶岩 Feng et al., 2016 19 阿克巴斯塔乌Beň 「作晶岩 髢石LA-ICP-MS U-Pb 228.2±0.4 Feng et al., 2016 12 苇子峡Beň 「市晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴苓, 2011 20 切別林Beň 「市晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.5±1.4 任宝家苓, 2013 <t< td=""><td>13</td><td>塔尔浪Be矿</td><td>伟晶岩</td><td>锆石LA-ICP-MS U-Pb</td><td>255.5 ± 2.7</td><td>Lü et al., 2021</td></t<>	13	塔尔浪Be矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	255.5 ± 2.7	Lü et al., 2021		
15 阿克巴斯塔乌Be-Nb-Ta矿 作品岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 253.0 ± 3.0 Lu et al., 2021 16 切木尔切克Be-Nb-Ta矿 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 Lu et al., 2021 17 阿巴宮-塔拉特Be-Nb-Ta矿 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 246.8 ± 1.2 Lu et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Ta矿 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 246.8 ± 1.2 Lu et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Ta矿 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lu et al., 2021 19 阿克巴斯塔乌Be矿 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 228.2 ± 0.4 Feng et al., 2020 19 阿克巴斯塔乌Be矿 作晶岩 铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 228.2 ± 0.4 Feng et al., 2020 19 阿克巴斯塔乌Be矿 作晶岩 铊钽矿LA-ICP-MS U-Pb 228.2 ± 0.4 Feng et al., 2020 19 阿克巴斯塔乌Be矿 作晶岩 铊石LA-ICP-MS U-Pb 240.7 ± 0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林 Be矿 作晶岩 管石LA-ICP-MS U-Pb 240.7 ± 0.7 任宝琴等, 2013 21 苇子•峡Be矿 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 240.5 ± 1.4 任宝琴等, 2013 22 冲乎尔脉Be矿 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 240.5 ± 1.4 <	14	萨尔加克Li-Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	252.7 ± 3.1	Lü et al., 2021		
16 切木尔切克Be-Nb-Taヴ 借晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 253.5 ± 3.2 Lu et al., 2021 17 阿巴宮-塔拉特Be-Nb-Taヴ 借晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 246.8 ± 1.2 Lū et al., 2012 18 大喀拉苏Be-Nb-Taず 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lū et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Taず 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lū et al., 2021 18 大喀拉苏Be-Nb-Taず 作晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 231.8 ± 4.7 秦克章等, 2013 19 阿克巴斯塔乌Bef 作晶岩 铌钽軟矿LA-ICP-MS U-Pb 229.9 ± 1.4 Feng et al., 2020 14 千星紫爽 伊爾克巴斯塔乌Bef 仟晶岩 铌钽軟TLA-ICP-MS U-Pb 228.2 ± 0.4 Feng et al., 2020 19 阿克巴斯塔乌Bef 仟晶岩 铌钽和LA-ICP-MS U-Pb 239.6±3.8 Zhou et al., 2016 19 阿克巴斯塔乌Bef 仟晶岩 锴石LA-ICP-MS U-Pb 249.7 ± 0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林Bef 仟晶岩 锴石LA-ICP-MS U-Pb 240.5 ± 1.4 任宝琴等, 2013 12 苇子峡Bef 仟晶岩 锴石LA-ICP-MS U-Pb 248.2 ± 2.2 秦克章等, 2013	15	阿克巴斯塔乌Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	253.0 ± 3.0	Lü et al., 2021		
17 阿巴宮-塔拉特Be-Nb-Ta@ 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 246.8±1.2 Lū et al., 2012 作晶岩中白云母 Ar-Ar坪年齡 248.4±2.1 王登红等, 2002 市晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 258.0±3.8 Lū et al., 2021 市晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 231.8±4.7 秦克章等, 2013 市晶岩 铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 231.8±4.7 秦克章等, 2013 市晶岩 铌钽软矿LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 市晶岩 铌钽软矿LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 市晶岩 铌钽軟TLA-ICP-MS U-Pb 228.2±0.4 Feng et al., 2020 市晶岩 铌钽軟TLA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 市晶岩 铌钽軟LA-ICP-MS U-Pb 228.2±0.4 Feng et al., 2020 市晶岩 铌钽軟LA-ICP-MS U-Pb 230.6±3.8 Zhou et al., 2016 19 阿克巴斯塔乌Beở 市晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林 Beở 作晶岩 镕石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴章, 2013 21 苇子峡 Beở 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 240.5±1.4 任宝琴章, 2019<	16	切木尔切克Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	253.5 ± 3.2	Lü et al., 2021		
指品岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 248.4 ± 2.1 王登红等, 2002 指晶岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 258.0 ± 3.8 Lū et al., 2021 指晶岩 倍石LA-ICP-MS U-Pb 231.8 ± 4.7 秦克章等, 2013 作晶岩 皖祖铁矿LA-ICP-MS U-Pb 239.9 ± 1.4 Feng et al., 2020 作晶岩 皖钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 239.9 ± 1.4 Feng et al., 2020 作晶岩 皖钽矿LA-ICP-MS U-Pb 239.6 ± 3.8 Zhou et al., 2020 作晶岩 皖钽矿LA-ICP-MS U-Pb 239.6 ± 3.8 Zhou et al., 2020 19 阿克巴斯塔乌Be矿 作晶岩 皖钽矿LA-ICP-MS U-Pb 249.7 ± 0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.7 ± 0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.7 ± 0.7 任宝琴等, 2011 21 辛子峽 Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 248.2 ± 2.2 秦克章等, 2013 22 冲平尔Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 243.2 ± 2.4 张辉等, 2019 22 冲平尔Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 241.5 ± 3.1 Zhou et al., 2016 23	17	阿巴宫-塔拉特Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	246.8 ± 1.2	Lü et al., 2012		
18 大喀拉苏Be-Nb-Ta矿 将晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 258.0±3.8 Lu et al., 2021 指晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 231.8±4.7 秦克章等, 2013 /市晶岩 铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 /市晶岩 铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 /市晶岩 铌钽钛矿LA-ICP-MS U-Pb 228.2±0.4 Feng et al., 2020 /市晶岩 铌钽钛矿LA-ICP-MS U-Pb 239.6±3.8 Zhou et al., 2016 19 阿克巴斯塔乌Be矿 市晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林 Be矿 市晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.5±1.4 任宝琴等, 2011 21 苇子峡Be矿 市晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.2±2.2 秦克章等, 2013 21 苇子峡Be矿 市晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 22 冲手尔Be矿 市晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.2±2.4 紫辉等, 2019 22 沖手尔Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 241.5±3.1 张辉等, 2019 23 小喀拉赤ILi-Be-Nb-Ta矿 市晶岩 皓石U-Pb 233.8±0.4 </td <td></td> <td></td> <td>伟晶岩中白云母</td> <td>Ar-Ar坪年龄</td> <td>248.4 ± 2.1</td> <td>王登红等,2002</td>			伟晶岩中白云母	Ar-Ar坪年龄	248.4 ± 2.1	王登红等,2002		
18 大喀拉苏Be-Nb-Ta矿 作晶岩 街石LA-ICP-MS U-Pb 231.8±4.7 秦克章等, 2013 18 大喀拉苏Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 6 福晶岩 铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 228.2±0.4 Feng et al., 2020 19 阿克巴斯塔乌Be矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 239.6±3.8 Zhou et al., 2016 19 阿克巴斯塔乌Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 21 第子峡Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 240.5±1.4 任宝琴等, 2013 21 第子峡Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 22 冲平东Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 22 沖平东Be矿 伟晶岩 皓石U-Pb 243.2±2.4 张辉等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 皓石U-Pb 258.1±3.1 Zhou et al., 2016 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb			伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	258.0 ± 3.8	Lü et al., 2021		
18 大喀拉苏Be-Nb-Ta矿 作晶岩 辊钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 229.9±1.4 Feng et al., 2020 作晶岩 辊钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 228.2±0.4 Feng et al., 2020 作晶岩 辊钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 239.6±3.8 Zhou et al., 2016 19 阿克巴斯塔乌Be矿 作晶岩 锯石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 240.5±1.4 任宝琴等, 2011 21 苇子峡Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 240.5±1.4 任宝琴等, 2013 74 市子峡Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 242.2±2.2 秦克章等, 2013 22 冲手尔Be矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 242.2±2.4 张辉等, 2019 23 小呼拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 234.2±2.4 张辉等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 296.3±9.0 秦克章等, 2013 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 作晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 296.3±2.5 Zhou et al., 2016 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 作晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 25.1±3.1 Zhou et al., 2016 24 摩什尔Li-Nb-Ta矿 作晶岩 铌钽矿LA-IC			伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	231.8 ± 4.7	秦克章等, 2013		
19 阿克巴斯塔乌Be矿 伟晶岩 铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb 228.2 ± 0.4 Feng et al., 2020 19 阿克巴斯塔乌Be矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 239.6±3.8 Zhou et al., 2016 20 切別林Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 240.5±1.4 任宝琴等, 2011 21 苇子峡Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 22 冲乎尔Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 22 冲乎尔Be矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 234.2±2.4 张辉等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 241.5±3.1 北辉等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 258.1±3.1 Zhou et al., 2016 24 摩什尕Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 24 摩什尕Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 紀钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016	18	大喀拉苏Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb	229.9 ± 1.4	Feng et al., 2020		
19 阿克巴斯塔乌Be矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 239.6±3.8 Zhou et al., 2016 20 切別林Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 20 切別林Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 21 苇子峡Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 240.5±1.4 任宝琴等, 2013 22 苹子峡Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 22 冲乎尔Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 234.2±2.4 张辉等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 296.3±9.0 秦克章等, 2013 7 青晶岩 皓石LA-ICP-MS U-Pb 296.3±9.0 秦克章等, 2019 7 青晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 296.3±9.0 秦克章等, 2019 7 青晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 7 千晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 7 千晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 7 千晶岩 <td></td> <td></td> <td>伟晶岩</td> <td>铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb</td> <td>228.2 ± 0.4</td> <td>Feng et al., 2020</td>			伟晶岩	铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb	228.2 ± 0.4	Feng et al., 2020		
19 阿克巴斯塔乌Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 249.7±0.7 任宝琴等, 2011 20 切别林Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 240.5±1.4 任宝琴等, 2011 21 事子峡Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 22 冲乎尔Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 22 冲乎尔Be矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 234.2±2.4 张辉等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 236.3±9.0 秦克章等, 2013 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 296.3±9.0 秦克章等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 258.1±3.1 Zhou et al., 2016 24 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 258.1±3.1 Zhou et al., 2016 24 小喀拉苏Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 24 磨什尕Li-Nb-Ta矿 白云母 Ar-Ar坪年齡 233.8±0.4 王登红等, 2003 25 大萨孜Be矿 伟晶岩 锆石U-Pb 249.2±2.9 张辉等, 2019 25 大萨孜B			伟晶岩	铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb	239.6±3.8	Zhou et al., 2016		
20 切别林 Be矿 伟晶岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 240.5±1.4 任宝琴等, 2011 21 事子峡 Be矿 伟晶岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 248.2±2.2 秦克章等, 2013 21 市子峡 Be矿 作晶岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 237.4±1.2 Zhou et al., 2016 22 冲乎尔 Be矿 作晶岩 皓石 U-Pb 234.2±2.4 张辉等, 2019 6 作晶岩 皓石 LA-ICP-MS U-Pb 296.3±9.0 秦克章等, 2013 7 作晶岩(No.208) 皓石 U-Pb 241.5±3.1 张辉等, 2019 23 小喀拉苏 Li-Be-Nb-Ta矿 作晶岩 铌钽矿 LA-ICP-MS U-Pb 258.1±3.1 Zhou et al., 2016 24 作晶岩 铌钽矿 LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 6 市晶岩 铌钽矿 LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 6 市晶岩 铌钽矿 LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 6 市品岩 铌钽矿 LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 6 市島岩 紀钽矿 LA-ICP-MS U-Pb 238.±0.4 王登红等, 2003 6 百云母 Ar-Ar坪年齡 237.7±1.3 Zhou et al., 2016 7 丁山 千品岩	19	阿克巴斯塔乌Be矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	249.7 ± 0.7	任宝琴等, 2011		
21 第子峡 Be矿	20	切别林Be矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	240.5 ± 1.4	任宝琴等, 2011		
21 事子咦Bef 伟晶岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 237.4±1.2 Zhou et al., 2016 22 冲乎尔Bef 伟晶岩 皓石U-Pb 234.2±2.4 张辉等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Taf* 作晶岩 皓石U-Pb 296.3±9.0 秦克章等, 2013 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Taf* 作晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Taf* 作晶岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 233.8±0.4 王登红等, 2003 白云母 Ar-Ar坪年龄 237.7±1.3 Zhou et al., 2016 24 磨什尕Li-Nb-Taf* 作晶岩 皓石U-Pb 249.2±2.9 张辉等, 2019 25 大萨改Bef* 作晶岩 皓石U-Pb 239.0±2.6 张辉等, 2019			伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	248.2 ± 2.2	秦克章等,2013		
22 冲乎尔Be矿 伟晶岩 锆石U-Pb 234.2±2.4 张辉等, 2019 6年晶岩 锆石LA-ICP-MS U-Pb 296.3±9.0 秦克章等, 2013 7 作晶岩(No. 208) 锆石U-Pb 241.5±3.1 张辉等, 2019 7 作晶岩(No. 208) 锆石U-Pb 241.5±3.1 张辉等, 2019 7 作晶岩(No. 208) 皓石U-Pb 241.5±3.1 张辉等, 2019 7 作晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 258.1±3.1 Zhou et al., 2016 6市晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 6市晶岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 233.8±0.4 王登红等, 2003 白云母 Ar-Ar坪年龄 237.7±1.3 Zhou et al., 2016 24 磨什尕Li-Nb-Ta矿 作晶岩 皓石U-Pb 249.2±2.9 张辉等, 2019 25 大萨孜Be矿 作晶岩 皓石U-Pb 230.0±2.6 张辉等, 2019	21	苇 于 峡 Be矿	伟晶岩中白云母	Ar-Ar坪年龄	237.4 ± 1.2	Zhou et al., 2016		
第 1	22	冲乎尔Be矿	伟晶岩	锆石U-Pb	234.2 ± 2.4	张辉等, 2019		
23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩(No. 208) 锆石U-Pb 241.5±3.1 张辉等, 2019 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 258.1±3.1 Zhou et al., 2016 作晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 作晶岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 233.8±0.4 王登红等, 2003 白云母 Ar-Ar坪年龄 237.7±1.3 Zhou et al., 2016 24 磨什尕Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 皓石U-Pb 249.2±2.9 张辉等, 2019 25 大萨改B砂 伟晶岩 皓石U-Pb 239.0±2.6 张辉等, 2019			伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	296.3 ± 9.0	秦克章等,2013		
23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 银钽矿LA-ICP-MS U-Pb 258.1±3.1 Zhou et al., 2016 23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 银钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 作晶岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 233.8±0.4 王登红等, 2003 白云母 Ar-Ar坪年龄 237.7±1.3 Zhou et al., 2016 24 磨什尕Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 皓石U-Pb 249.2±2.9 张辉等, 2019 25 大萨孜Be矿 伟晶岩 皓石U-Pb 230.0±2.6 张辉等, 2019	23	小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿	伟晶岩(No.208)	锆石U-Pb	241.5±3.1	张辉等, 2019		
23 小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿 伟晶岩 铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb 262.3±2.5 Zhou et al., 2016 作晶岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 233.8±0.4 王登红等, 2003 白云母 Ar-Ar坪年龄 237.7±1.3 Zhou et al., 2016 24 磨什尕Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 锆石U-Pb 249.2±2.9 张辉等, 2019 25 大萨孜Be矿 伟晶岩 锆石U-Pb 239.0±2.6 张辉等, 2019			伟晶岩	铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb	258.1±3.1	Zhou et al., 2016		
伟晶岩中白云母 Ar-Ar坪年龄 233.8±0.4 王登红等,2003 白云母 Ar-Ar坪年龄 237.7±1.3 Zhou et al.,2016 24 磨什尕Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 锆石U-Pb 249.2±2.9 张辉等,2019 25 大萨孜Be矿 伟晶岩 锆石U-Pb 239.0±2.6 张辉等,2019			伟晶岩	铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb	262.3±2.5	Zhou et al., 2016		
白云母 Ar-Ar 坪年龄 237.7 ± 1.3 Zhou et al., 2016 24 磨什尕Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 锆石U-Pb 249.2±2.9 张辉等, 2019 25 大萨孜Be矿 伟晶岩 锆石U-Pb 239.0±2.6 张辉等, 2019			伟晶岩中白云母	Ar-Ar坪年龄	233.8 ± 0.4	王登红等,2003		
24 磨什尕Li-Nb-Ta矿 伟晶岩 锆石U-Pb 249.2±2.9 张辉等, 2019 25 大萨孜Be矿 伟晶岩 锆石U-Pb 239.0±2.6 张辉等, 2019			白云母	Ar-Ar 坪年龄	237.7 ± 1.3	Zhou et al., 2016		
25 大萨孜Be矿 伟晶岩 锆石U-Pb 239.0±2.6 张辉等, 2019	24	磨什尕Li-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石U-Pb	249.2±2.9	张辉等, 2019		
	25	大萨孜Be矿	伟晶岩	锆石U-Pb	239.0 ± 2.6	张辉等, 2019		

西北地质 NORTHWESTERN GEOLOGY

					续表1
序号	矿床	测试对象	测试方法	年龄(Ma)	参考文献
26		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	220.6 ± 1.6	刘文政等, 2015
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	218.2 ± 3.9	王春龙等, 2015
	阿斯喀尔特Be-Nb-Mo矿	似伟晶岩中辉钼矿	Re-Os 加权平均年龄	218.6 ± 1.3	王春龙等, 2015
		似伟晶岩中辉钼矿	Re-Os等时线年龄	228.7 ± 7.1	刘文政等, 2015
		白云母钠长石花岗岩中辉钼矿	Re-Os 加权平均年龄	214.9 ± 1.2	丁欣等, 2016
		伟晶岩I带	锆石 SHRIMP U-Pb	220 ± 9	Wang et al., 2007
		伟晶岩V带	锆石 SHRIMP U-Pb	198 ± 7	Wang et al., 2007
		伟晶岩VII带	锆石 SHRIMP U-Pb	213 ± 6	Wang et al., 2007
		伟晶岩Ⅱ带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	186.5 ± 2.0	Zhou et al., 2015
		伟晶岩V带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	210.7 ± 6.3	Zhou et al., 2015
		伟晶岩VI带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	187.4 ± 2.7	Zhou et al., 2015
		伟晶岩VII带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	193.3 ± 6.4	Zhou et al., 2015
		伟晶岩VIII带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	198.5 ± 4.2	Zhou et al., 2015
27	可可托海稀有金属矿	伟晶岩Ⅱ带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	211.9 ± 3.2	陈剑锋, 2011
		伟晶岩IV带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	214.9 ± 2.1	陈剑锋, 2011
		伟晶岩V带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	212.0 ± 4.1	陈剑锋, 2011
		缓倾斜部分伟晶岩带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	212.0 ± 1.8	陈剑锋, 2011
		伟晶岩	铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb	218 ± 2	Che et al., 2015
		伟晶岩I带中辉钼矿	Re-Os等时线年龄	208.8 ± 2.4	Liu et al., 2014
		伟晶岩II带中白云母	Ar-Ar坪年龄	179.7 ± 1.1	Zhou et al., 2015
		伟晶岩IV带中白云母	Ar-Ar坪年龄	182.1 ± 1.0	Zhou et al., 2015
		伟晶岩VI带中白云母	Ar-Ar坪年龄	181.8 ± 1.1	Zhou et al., 2015
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	244.3 ± 1.1	任宝琴等,2011
	虎斯特Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	195.9 ± 2.4	秦克章等,2013
28		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	198.5±2.5	Zhou et al., 2016
		白云母	Ar-Ar 坪年龄	178.8 ± 1.0	Zhou et al., 2016
29	尚克兰Be	伟晶岩	锆石 U-Pb	约208	张辉等, 2019
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	207.2 ± 1.6	Lü et al., 2012
20		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	206.8 ± 1.6	任宝琴等, 2011
30	群序为Be-No-Ta初	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	194.3 ± 1.6	秦克章等, 2013
		白云母	Ar-Ar 坪年龄	162.2 ± 0.9	Zhou et al., 2016
	佳木开Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	212.2 ± 1.7	任宝琴等, 2011
31		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	199.1 ± 1.0	任宝琴等, 2011
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	192.0 ± 2.3	Zhang et al., 2016
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	207.9 ± 5.1	秦克章等, 2013
32	库卡拉盖(650号)Li-Be矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	227.9 ± 2.6	张辉等, 2014
	柯鲁木特Li-Be-Nb-Tað	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	211.3 ± 2.4	张辉等, 2014
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	202.9 ± 0.8	任宝琴等, 2011
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	191.8 ± 1.4	秦克章等, 2013
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	238.3 ± 2.0	Lü et al., 2012
33		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	233.5 ± 3.7	Lü et al., 2012
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	188.3 ± 1.7	Lü et al., 2012
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	218.8 ± 1.9	Lü et al., 2012
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	210.7 ± 1.6	Lü et al., 2012
		805脉伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	216.0 ± 2.6	马占龙等, 2015
		806脉伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	223.7 ± 1.8	马占龙等, 2015
34	卡鲁安Li矿	807脉伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	221 ± 15	马占龙等, 2015
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	224.6 ± 2.3	Zhang et al., 2016
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	191.6 ± 2.0	Zhang et al., 2016

260

第4期

					续表1	
序号	矿床	测试对象	测试方法	年龄(Ma)	参考文献	
34		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	192.6 ± 2.3	Zhang et al., 2016	
	上鱼它口花	803脉伟晶岩	铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb	209.5 ± 1.4	Feng et al., 2019	
	卞晋女L10	802脉伟晶岩	铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb	198.3 ± 2.0	Feng et al., 2019	
		805脉伟晶岩	铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb	224.3 ± 2.9	Feng et al., 2019	
35	沙依肯布拉克Be矿	伟晶岩似文象结构带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	201.9 ± 2.3	杨富全等, 2018	
		伟晶岩中块体微斜长石带	锆石LA-ICP-MS U-Pb	202.2 ± 3.4	杨富全等,2018	
		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	191.6 ± 2.1	Zhang et al., 2016	
26	阿祖菲 瓦森	伟晶岩	锆石U-Pb	215.6 ± 0.9	周天怡, 2015	
36	PPJ 在 チキ Be初	伟晶岩	锆石 U-Pb	201.0 ± 1.3	周天怡, 2015	
		白云母	Ar-Ar坪年龄	154.1 ± 0.1	王登红等, 2000	
37	小虎斯特Li-Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	190.6 ± 1.2	任宝琴等, 2011	
38	阿拉散Be矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	185 ± 2.7	杨富全等,2018	
39	库儒尔特Li-Be-Nb-Ta矿	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	180.7 ± 0.5	任宝琴等, 2011	
40		伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	151 ± 1.8	丁建刚等,2020	
40	ガ」 ビ (デ /杯 労) LI- BC- INU- I a切	伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	157.2 ± 0.5	吕正航等, 2015	
		东天	Щ			
		I号伟晶岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	218.0 ± 1.8	李寄邦等,2020	
41	镜儿泉Li-Be-Nb-Ta矿	I号伟晶岩	铌钽铁矿LA-ICP-MS U-Pb	250.8 ± 1.0	凤永刚等,2021	
		II号伟晶岩	白云母Ar-Ar	243.0 ± 2.0	陈郑辉等,2006	
		天河石花岗岩	锆石 LA-ICP-MS U-Pb	247 ± 3.0	贺昕宇, 2019	
	园空山 D b矿(廿書)	含天河石花岗岩	锆石 LA-ICP-MS U-Pb	246.8 ± 3.0	Chen et al., 2022	
		含天河石花岗岩	独居石LA-ICP-MS U-Pb	245.0 ± 1.2	Chen et al., 2022	
		天河石花岗岩	独居石LA-ICP-MS U-Pb	243.4 ± 2.0	Chen et al., 2022	
42		含天河石花岗岩	锡石LA-ICP-MS U-Pb	241.8 ± 3.1	Chen et al., 2022	
42		天河石花岗岩	锡石LA-ICP-MS U-Pb	242.2 ± 0.9	Chen et al., 2022	
		含天河石花岗岩	铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb	239.8 ± 5.5	Chen et al., 2022	
		天河石花岗岩	铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb	243.5 ± 2.3	Chen et al., 2022	
		天河石伟晶岩	铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb	243.6 ± 1.9	Chen et al., 2022	
		天河石伟晶岩	独居石LA-ICP-MS U-Pb	247.1 ± 2.4	Chen et al., 2022	
	张宝山(白石头泉)Rb矿	天河石花岗岩	白云母Ar-Ar	241.5 ± 2.7	吴昌志等, 2021	
13		黄玉钠长花岗岩	铌钽矿LA-ICP-MS U-Pb	251.0 ± 1.1	吴昌志等, 2021	
43		含天河石花岗岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	248.0 ± 3.1	Zhi et al., 2021	
		含黄玉天河石花岗岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	238 ± 5.9	Zhi et al., 2021	
44	沙东W-Rb矿	花岗岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	239 ± 2.0	Chen et al., 2018	
	波孜果尔Nb-Ta矿	矿化霓石花岗岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	275.1 ± 1.3	徐海明等, 2012	
45		矿化霓石花岗岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	275 ± 1.4	徐海明等, 2012	
		霓石钠闪碱长花岗岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	290.6 ± 2.8	刘春花等, 2014	
		霓石钠闪碱长花岗岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	289.4 ± 3.8	刘春花等, 2014	
		霓石钠闪石英碱长正长岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	291.6 ± 2.9	刘春花等, 2014	
		黑云母碱长正长岩	锆石LA-ICP-MS U-Pb	287.7 ± 2.9	刘春花等, 2014	
46	克其克果勒Nb-Ta矿	矿化霓霞正长岩	锆石U-Pb	279	徐海明等, 2012	
47	巴什苏洪铌钽矿	碱长花岗岩	锆石 SHRIMP U-Pb	277.0 ± 2.1	邹思远,2016	
西准噶尔						
48	白杨河Be-U-Mo矿	铍铀矿化萤石脉	白云母Ar-Ar	303 ± 1.6	Li et al., 2015	

综上所述,新疆中亚造山带48个矿床(含甘肃国 宝山铷矿)成矿年龄变化于151~476 Ma,主要集中在 180~290 Ma,在275 Ma(6个矿床)、245 Ma(11个矿 床)、215 Ma(8个矿床)和195 Ma(9个矿床)出现峰值, 不同地区成矿时间有差异,西南天山成矿作用早于东 天山,又早于阿尔泰成矿高峰期。







5 侵入岩与成矿关系

阿尔泰多数稀有金属伟晶岩分布于侵入岩(主要 为花岗岩,少量辉长岩)中或外接触带,稀有金属成矿 与侵入岩的成因联系至关重要,关系到进一步找矿方 向。前人研究表明(刘文政等,2015;王春龙等,2015; 丁欣等,2016),阿斯喀尔特 Be-Nb-Mo 矿床发育伟晶 岩型稀有金属矿和花岗岩型 Be 矿化,空间上、时间上 和成因上表明,稀有金属矿的形成与白云母钠长花岗 岩的演化有关。大喀拉苏 Be-Nb-Ta 矿形成于 228.2~ 258 Ma,赋矿的黑云二长花岗岩年龄为 261.4 Ma(李强 等,2019),稀有金属矿化与黑云二长花岗岩存在成因 关系。将军山 Rb-Nb-Ta 矿赋存于白云母-天河石-钠 长石花岗岩和天河石伟晶岩中,形成与花岗岩有关。 尚克兰 Be 矿包括似伟晶岩型、云英岩型和白云母钠 长花岗岩型矿化,铍矿化与白云母钠长花岗岩有成因

联系。可可托海矿区位于阿拉尔岩基西南,二者是否 有成因关系,存在很大争议。部分学者(Zhu et al., 2006; Liu et al., 2014; 张亚峰等, 2015) 认为与阿拉尔花 岗岩存在时间、空间上的密切关系,可可托海稀有金 属矿的形成与阿拉尔花岗岩基有关;但陈剑锋(2011)、 张辉等(2014)认为,阿拉尔花岗岩不属于稀有金属花 岗岩,不可能是形成稀有金属伟晶岩脉的母岩,与可 可托海矿床的形成没有关系。阿尔泰其他稀有金属 矿的形成与围岩或周边的侵入岩不存在成因联系,成 矿时间明显晚于侵入岩,如卡鲁安Li矿、库卡拉盖 Li-Be 矿、佳木开碧玺矿及群库尔 Be-Nb-Ta 矿与哈 龙花岗岩基没有成因联系; 柯鲁木特 Li-Be-Nb-Ta 矿 7件伟晶岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄变化于 188~ 238 Ma, 与围岩吉得克花岗岩(446 Ma 和 456 Ma)相 差218~258 Ma, 吉得克花岗岩与稀有金属成矿没有 成因联系;沙依肯布拉克 Be 矿、别也萨麻斯 Li-Be-Nb-Ta 矿也是如此。此外,有些稀有金属矿赋存于片

岩中,周围及外围并没有发现侵入岩,如小喀拉苏Li-Be-Nb-Ta矿、阿巴宫-塔拉特Be-Nb-Ta矿等。综上所述,阿尔泰伟晶岩及稀有金属矿的形成非常复杂。

东天山的沙东 W-Rb 矿为矽卡岩型, 矽卡岩是黑 云母花岗岩侵位时岩浆热液交代大理岩的产物。Rb 分布于3号钨矿带的白云母和锂云母中,并与白钨矿 有密切关系。因此,铷矿化与黑云母花岗岩有密切成 因联系。张宝山和国宝山 Re 矿主要赋存于(含)天河 石花岗岩、含黄玉天河石花岗岩中,少量在天河石伟 晶岩脉或囊状体中, Re 主要赋存在天河石中, 其次是 铁锂云母中。白石头泉岩体中天河石花岗岩和含黄 玉天河石花岗岩相带具有全岩矿化特征,这两个铷矿 的形成与天河石花岗岩有关。镜儿泉 Li-Be-Nb-Ta 矿属于伟晶岩型,含矿伟晶岩赋存于白云母花岗岩岩 体顶部,含矿伟晶岩脉形成于 218~251 Ma,白云母花 岗岩和黑云母(二云母)花岗岩年龄为 220~253 Ma, 结合岩浆演化,认为含矿伟晶岩是花岗岩演化的产物 (Liu et al., 2020; 李寄邦等, 2020; Muhtar et al., 2020; 凤 永刚等, 2021)。由此可见, 东天山稀有金属矿的形成 相对简单,是岩浆分异和岩浆演化的产物。

西南天山的稀有金属矿床分布于塔里木盆地北 缘碱性花岗岩带,主要为碱性花岗岩型、碱性正长岩 型、花岗伟晶岩型和碱性伟晶岩型,前两种类型成矿 作用与碱性岩浆侵入作用有关。玛依达 REE-Nb-Ta-Zr 矿赋存于黑云母-霞石-钠长石伟晶岩中,含矿 伟晶岩与碱性正长岩有关。依兰里克 REE-Nb-Ta-Zr 矿赋存于金云母-透辉石-钠长石伟晶岩中,与碳酸 岩有关。

6 构造演化与成矿作用

6.1 板块俯冲与稀有金属成矿

新疆中亚造山带在中寒武世—中奥陶世(510~460 Ma)古亚洲洋板块开始向北俯冲到西伯利亚板块的阿尔泰微大陆之下(王涛等,2010),在南阿尔泰陆缘弧环境形成也留曼伟晶岩型 REE-Nb 矿(476 Ma)(任宝琴等,2011)。460~330 Ma 期间古亚洲洋板块继续向北俯冲,晚奥陶世—早志留世在中阿尔泰陆缘弧环境形成了那森恰和拜城伟晶岩,以工业白云母为特色,伴生稀有金属矿(448 Ma 和 436 Ma)(王登红等,2002)。早古生代板块俯冲作用在中阿尔泰形成少量稀有金属矿和大量工业白云母,是新疆中亚造山带发

现最早的稀有金属成矿作用,但目前成矿强度不高。 阿尔泰有大量白云母矿,其稀有金属含矿性及成矿潜 力还值得评价。

在早—中泥盆世南阿尔泰形成岛弧和陆缘弧,在 火山盆地形成与海相火山作用有关的铁、铜、铅、锌 和金矿化(牛贺才登,2006;柴凤梅等,2009;Yang et al., 2018)。中泥盆—早石炭世(386~333 Ma)在中阿尔泰 形成伟晶岩型工业白云母为特色,伴有 Nb-Ta-Be 矿 化及稀土矿化(乔拉克赛、库威)和 Li-Be-Nb-Ta 矿化 (青河塔拉特、阿木拉宫、铁木勒特)。综上所述,中 泥盆世—早石炭世的稀有金属成矿作用只出现在中 阿尔泰,与板块俯冲作用有关(图 10),稀有金属成矿 元素组合复杂,并伴生稀土和工业白云母,在评价稀 有金属矿时,注意评价稀土成矿潜力。

6.2 后碰撞环境与稀有金属成矿

新疆中亚造山带在晚石炭世—晚二叠世为后碰 撞阶段(Wang et al., 2006; Han et al., 2018)。二叠纪 (258~296 Ma)是新疆中亚造山带重要的稀有金属成 矿期之一,仅次于三叠纪,主要分布于中阿尔泰、南阿 尔泰和西南天山,有17个矿床中出现了二叠纪年龄。 西南天山已发现的稀有金属矿均分布于塔里木北缘 碱性岩带,碱性岩带形成于二叠纪(252~292 Ma) (杨富全等, 2001; 刘春花等, 2014; 杨林春, 2016; 董连 慧等,2018;肖昱等,2021)。孙政浩等(2021)认为塔里 木北缘碱性岩带发育的铌、稀土、钽、锆、铷、铀等稀 有稀土金属矿化与地幔柱引起的幔源岩浆底侵有关, 其构造背景可能为地幔柱对造山带的叠置。二叠纪 后碰撞伸展环境下形成了稀有金属成矿作用,是新疆 中亚造山带分布最广,形成的矿床数量仅次于三叠纪, 但不同地区成矿元素存在差异,这一期是新疆今后找 矿的重点之一。

6.3 板内环境与稀有金属成矿

新疆中亚造山带在三叠纪进入板内(或陆内)演 化阶段,缺失沉积地层,只发育少量板内岩浆侵入作 用。东天山已发现的稀有金属矿均形成于早—中三 叠世,并与花岗质岩浆侵入作用有关,形成花岗岩型 和伟晶岩矿床,以 Rb 成矿为特色。新疆阿尔泰三叠 纪(200~256 Ma)是稀有金属成矿高峰期,有26个矿 床出现了三叠纪年龄,主要为伟晶岩型,少量花岗岩 型,分布于中阿尔泰和南阿尔泰。成矿元素组合复杂, Be,Li,Li-Be-Nb-Ta,Be-Nb-Mo,Li-Be-Nb-Ta-Rb-Cs-Hf。在俄罗斯山区阿尔泰南部与中、蒙、哈国接壤的





Fig. 10 Tectonic setting of rare metallic deposit of various ages in the Altay Metallogenic age histogram of the rare metal deposits in the Central Asian Orogenic Belt of Xinjiang

地区有十多个三叠纪花岗岩体均与稀有金属矿床有关,如卡尔古特大型钼钨稀有金属矿、阿拉钦中型锂

钽矿、昆古尔贾林小型锂钽矿等。俄罗斯阿尔泰三叠 纪花岗岩类和与西伯利亚超级地幔柱有关的幔源含 矿岩浆活动的时限基本一致,认为是这个地幔柱演化 最后阶段的产物(Dobretsov et al., 1995; Annikova et al., 2006; Sokolova et al., 2011; Gaskov, 2018)。

保罗纪阿尔泰仍然为板内演化阶段,稀有金属成 矿为主,主要是中—晚三叠世的成矿作用延续到侏罗 纪。侏罗纪形成的矿床只有小虎斯特 Li-Be-Nb-Ta 矿(191 Ma)、阿拉散 Be 矿(185 Ma)、库儒尔特 Li-Be-Nb-Ta 矿(181 Ma)和别也萨麻斯 Li 矿(151~157 Ma), 成矿元素组合复杂。

总之,三叠纪—侏罗纪为板内环境,处于区域大 规模伸展环境,是新疆中亚造山带稀有金属成矿高峰 期,分布于阿尔泰和东天山,不同地区成矿各具特色, 成矿元素组合最为复杂,在阿尔泰具有三叠纪到侏罗 纪连续成矿特征,该期是稀有金属找矿重点成矿期。

7 结论

(1)新疆中亚造山带稀有金属矿主要为花岗伟晶 岩型,其次是花岗岩型,少量碱性花岗岩型、碱性正长 岩型、火山热液型、碱性伟晶岩型和砂卡岩型。主要 分布于中阿尔泰和南阿尔泰,其次是西南天山的拜城 和哈拉峻地区,东天山的中天山地块和康古尔弧后盆 地,西准噶尔、西天山等地区零星分布。阿尔泰稀有 金属矿床成矿元素组合复杂,成矿类型以花岗伟晶岩 型为主,东天山以花岗岩型和砂卡岩型铷矿为特色, 西南天山以形成与碱性岩有关铌钽矿为特色。

(2)稀有金属成矿年龄变化于151~476 Ma,主要 集中在180~290 Ma(早侏罗世—二叠纪),出现了连 续成矿作用,成矿元素组合复杂,在275 Ma、245 Ma、 215 Ma 和195 Ma 出现峰值,不同地区成矿时间存在 差异。二叠纪为后碰撞环境,三叠纪—侏罗纪为陆内 环境,均为区域伸展环境。

(3)地质及年代学研究表明东天山和西南天山稀 有金属成矿与岩浆侵入作用有关,但阿尔泰除阿斯喀 尔特、大喀拉苏 Be-Nb-Ta 矿等少数矿床与赋矿花岗 岩存在成因联系外,多数稀有金属矿与赋矿侵入岩不 存在直接的成因联系,岩体只是赋矿围岩。

致谢:项目实施过程中得到原新疆维吾尔自治 区有色地质勘查局郭旭吉教授级高级工程师,原新 疆维吾尔自治区有色地质勘查局七○一队,原新疆 维吾尔自治区有色地质勘查局七○六队,新疆维吾 尔自治区人民政府国家 305项目办公室领导和技术 人员的大力支持和帮助。文中引用了大量前人公开 发表的论文以及未出版的地质报告和研究报告等, 在此一并致以衷心的感谢。

参考文献(References):

- 柴凤梅,毛景文,董连慧,等.阿尔泰南缘克朗盆地康布铁堡组 变质火山岩年龄及岩石成因[J].岩石学报,2009,25(6):1403-1415.
- CHAI Fengmei, MAO Jingwen, DONG Lianhui, et al. Geochronology and genesis ofthe metarhyolities in the Kangbutiebao Formation from the Lelang basin at the southern margin of the Altay, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(6): 1403–1415.
- 陈剑锋. 阿尔泰 3 号脉缓倾斜部分的形成和演化 [D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2011, 1-86.
- CHEN Jianfeng. Geochemistry of the plate part in Altai No. 3 pegmatite and its formation and evolution (Mater dissertation research paper) [D]. Guiyang: Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 2011, 1–86.
- 陈衍景,韩金生.新疆阿尔泰造山带伟晶岩型稀有金属矿床成 矿作用[J].地质学报,2024,98(5):1452-1472.
- CHEN Yanjing, HAN Jinsheng. Pegmatite-type mineralization of rare metals in the Altai orogenic belt, Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 2024, 98(5): 1452–1472.
- 陈郑辉,王登红,龚羽飞,等.新疆哈密镜儿泉伟晶岩型稀有金 属矿床⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄及其地质意义[J].矿床地质,2006, 25(4):470-476.
- CHEN Zhenghui, WANG Denghong, GONG Yufei, et al. ⁴⁰Ar-³⁹Ar isotope dating of muscovite from Jing'erquan pegmatite rare metal deposit in Hami, Xinjiang, and its Geological significance[J]. Mineral Deposits, 2006, 25(4); 470–476.
- 丁建刚,杨成栋,杨富全,等.新疆阿尔泰别也萨麻斯稀有金属 矿床含矿伟晶岩与花岗岩围岩成因关系[J].地球科学与 环境学报,2020,42(1):71-85.
- DING Jiangang, YANG Chengdong, YANG Fuquan, et al. Genetic relationship between ore-bearing pegmatite and the surrounding granite of Bieyesamasi rare metal depositin Altay of Xinjiang, China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2020, 42(1):71–85.
- 丁欣,李建康,丁建刚,等.新疆阿斯喀尔特 Be-Nb-Mo 矿床 Re-Os 同位素年龄及地质意义[J]. 桂林理工大学学报, 2016, 36(1): 60-65.
- DING Xin, LI Jiankang, DING Jiangang, et al. Molybdenite Re-Os isochron age and geological implication in Asikaerte Be-Nb-Mo deposit of Xinjiang [J]. Journal of Guilin University of Technology, 2016, 36(1): 60–65.
- 董连慧,周汝洪,赵同阳,等.新疆侵入岩[M].北京:地质出版社, 2018,1-332.
- 董连慧.新疆矿产资源 [R]. 2018.
- 董连慧, 冯京, 刘德权, 等. 新疆铁矿床成矿规律及成矿预测评价 [M]. 北京: 地质出版社, 2013.

- 凤永刚,梁婷,雷如雄,等.稀有金属伟晶岩过度冷却与侵位之 关系—基于野外地质观察及年代学的思考[J].地球科学 与环境学报,2021,43(1):100-116.
- FENG Yonggang, LIANG Ting, LEI Ruxiong, et al. Relationship between undercooling and emplacement of rare-element pegmatites—thinking based on field observations and pegmatite geochronology[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2021, 43(1): 100–116.
- 甘肃省地质调查院.新疆哈密市张宝山铷多金属矿普查报告 [R].2016.
- 高景刚,梁婷,凤永刚,等.阿尔泰哈龙稀有金属矿集区复式岩体与伟晶岩成因关系探讨[J].岩石学报,2023,39(7): 1908-1930.
- GAO Jinggang, LINAG Ting, FENG Yonggang, et al. Genetic relationship between the complex massif and pegmatites in Halong rare metal ore concentrated area, Altay[J]. Acta Petrologica Sinica, 2023, 39(7): 1908–1930.
- 顾连兴,吴昌志,张遵忠,等.东疆白石头泉含黄玉天河石花岗 岩体的地球化学:分带和岩浆演化[J].高校地质学报, 2007,13(2):207-223.
- GU Lianxing, WU Changzhi, ZHANG Zunzhong, et al. Geochemistry of the Baishitouquan topaz bearing amazonite granite: Zoning and magma evolution [J]. Geological Journal of China Universities, 2007, 13(2): 207–223.
- 郭旭吉,马占龙.新疆福海县哈龙稀有金属矿床地质特征及成 因浅析[J].西北地质,2015,48(3):355-361.
- GUO Xuji, MA Zhanlong. Geological characteristics and genesis of Halong rare metal deposit in Fuhai County, Xinjiang[J]. Northwestern Geology, 2015, 48(3): 355–361.
- 郭正林,申茂德,郭旭吉,等.阿尔泰地区花岗伟晶岩稀有金属 成矿机理及找矿标志浅析[J].新疆地质,2013,31(S1): 77-83.
- GUO Zhenglin, SHEN Maode, GUO Xuji, et al. Analysis of prospecting and metallogenisis of rare metal in granitic pegmatite from Altai[J]. Xinjiang Geology, 2013, 31(S1): 77–83.
- 韩宝福.中俄阿尔泰山中生代花岗岩与稀有金属矿床的初步对 比分析[J].岩石学报,2008,24(4):655-660.
- HAN Baofu. A Preliminary comparison of Mesozoic granitiods and rare metal deposits in Chinese and Russian Altai Mountains[J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(4): 655–660.
- 何国琦, 成守德, 徐新, 等. 中国新疆及邻区大地构造图 (1:2500000) 说明书 [M]. 北京: 地质出版社, 2004, 1-65.
- 贺昕宇.中天山东段国宝山三叠纪高铷天河石花岗岩年代学及 岩石地球化学研究[J].矿产勘查,2019,10(12):2899-2905.
- HE Xinyu. Geochronology and geochemistry of Triassic high Rb amazonite granite from Guobaoshan in eastern segment of the middle Tianshan[J]. Mineral Exploration, 2019, 10(12): 2899–2905.
- 李通国,梁明宏,余君鹏,等.甘肃省稀有(稀土)金属成矿地质 背景研究[M].北京:地质出版社,2018,1-158.
- 李寄邦,张辉,吕正航.东天山镜儿泉伟晶岩与花岗岩成因关系:来自锆石 U-Pb 定年和 Hf 同位素证据[J].地球化学,

2020, 49(4): 385-403.

- LI Jibang, ZHANG Hui, LÜ Zhenghang. Genetic linkage between pegmatites and granites from Jingerquan, East Tianshan Mountains: Evidence from zircon U-Pb geochronological and Hf isotopic data [J]. Geochimica, 2020, 49(4); 385–403.
- 李强,杨富全,杨成栋.新疆阿尔泰大喀拉苏花岗岩年代学、地 球化学特征及其构造意义[J].地球科学与环境学报,2019, 41(4):396-413.
- LI Qiang, YANG Fuquan, YANG Chengdong. Geochronology and geochemical characteristics of Dakalasu granite in Altay of Xinjiang, China and their tectonic significance[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2019, 41(4): 396–413.
- 刘文政,张辉,唐红峰,等.新疆阿斯喀尔特铍钼矿床中辉钼矿 Re-Os 定年及成因意义[J].地球化学,2015,44(2):145-154.
- LIU Wenzheng, ZHANG Hui, TANG Hongfeng, et al. Molybdenite Re-Os dating of the Asikaerte Be-Mo deposit in Xinjiang, China and its genetic implications[J]. Geochimica, 2015, 44(2): 145–154.
- 刘春花,吴才来,郜源红,等.南天山拜城县波孜果尔 A 型花岗 岩类锆石 U-Pb 定年及其 Lu-Hf 同位素组成[J].岩石学报, 2014,30(6):1595-1614.
- LIU Chunhua, WU Cailai, GAO Yuanhong, et al. Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating and Lu-Hf isotopic system of A-type granitoids in South Tianshan, Baicheng County, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 2014, 30(6): 1595–1614.
- 刘春花. 新疆拜城县波孜果尔 A 型花岗岩类岩石地球化学特征 [D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2011.
- LIU Chunhua. Geochemical Characteristics of A-type Granitoids in Boziguo'er, Baicheng County, Xinjiang[D]. Beijign: China University of Geosciences (Beijing), 2011.
- 刘国仁,黄诚,张新泰,等.新疆阿勒泰地区矿产资源规划研究 (2016~2020年)[R].2017.
- 刘源,杨家喜,胡健民,等.阿尔泰构造带喀纳斯群时代的厘定 及其意义[J].岩石学报,2013,29(3):887-898.
- LIU Yuan, YANG Jiaxi, HU Jianmin, et al. Restricting the deposition age of the Kanas Group of Altai tectonic belt and its implications [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(3): 887–898.
- 刘延兵,文美兰,吴彦彬,等.新疆哈密新发现的铷矿床成因:来 自矿床地质和地球化学的证据[J].地质通报,2023,42(1): 41-54.
- LIU Yanbing, WEN Meilan, WU Yanbin, et al. Genesis of the newly discovered rubidium deposit in Hami, Xinjiang: evidence from deposit geology and geochemistry[J]. Geological Bulletin of China, 2023, 42(1): 41–54.
- 吕正航,张辉,唐勇.新疆别也萨麻斯L1号伟晶岩脉Li-Nb-Ta 矿床与围岩花岗岩成因关系研究[J].矿物学报,2015, 35(S1):323.
- LÜ Zhenghang, ZHANG Hui, TANG Yong. The study of genetic relationship between Bieyesamasi No. L1 pegmatite Li-Nb-Ta ore deposits and wall rock granites, Xinjiang[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2015, 35(S1): 323.
- 马占龙,张辉,唐勇,等.新疆卡鲁安矿区伟晶岩锆石 U-Pb 定年、

铪同位素组成及其与哈龙花岗岩成因关系研究[J]. 地球 化学, 2015, 44(1): 9-26.

- MA Zanlong, ZHANG Hui, TANG Yong, et al. Zircon U-Pb geochronology and Hf isotopes of pegmatites from the Kaluan mining area in the Altay, Xinjiang and their genetic relationship with the Halong granite [J]. Geochimica, 2015, 44(1): 9–26.
- 牛贺才,于学元,许继峰,等.中国新疆阿尔泰晚古生代火山作 用及成矿 [M].北京:地质出版社,2006,1-184.
- 秦克章, 申茂德, 唐冬梅, 等. 阿尔泰造山带伟晶岩型稀有金属 矿化类型与成岩成矿时代[J]. 新疆地质, 2013, 31(S1): 1-7.
- QIN Kezhang, SHEN Maode, TANG Dongmei, et al. Intrusive and mineralization ages of Pegmatite rare element deposits in Chinese Altay [J]. Xinjiang Geology, 2013, 31(S1): 1–7.
- 任宝琴,张辉,唐勇,等.阿尔泰造山带伟晶岩年代学及其地质 意义[J].矿物学报,2011,31(3):587-596.
- REN Baoqin, ZHANG Hui, TANG Yong, et al. LA-ICP MS U-Pb zircon geochronology of the Altai pegmatites and its geological significance[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31(3): 587–596.
- 三金柱, 郭旭吉, 成志军, 等. 新疆卡鲁安及外围锂能源金属矿 产基地深部探测技术示范 [R]. 2020.
- 申茂德, 郭旭吉, 唐冬梅, 等. 阿尔泰稀有金属成矿规律研究与 靶区优选评价 [R]. 2016.
- 申萍,潘鸿迪,李昌昊,等.中哈俄阿尔泰稀有金属矿床时空分 布、成因及成矿规律[J].地球科学与环境学报,2021, 43(3):487-505.
- SHEN Ping, PAN Hongdi, LI Changhao, et al. Temporal-spatial distribution, genesis and metallogenic regularity of the rare Metal deposits in Altay of China, Kazakhstan and Russia[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2021, 43(3): 487–505.
- 孙政浩,秦克章,毛亚晶,等.塔里木北缘波孜果尔碱性(花岗) 岩铌-钽-锆-铷-稀土矿床钠铁闪石、霓石特征及意义[J]. 岩石学报,2021,37(12):3687-3711.
- SUN Zhenghao, QIN Kezhang, MAO Yajing, et al. Characteristics and significance of aegirine and arfvedsonite in Boziguoer Nb-Ta-Zr-Rb-REE deposit related to alkaline granite, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 2021, 37(12): 3687–3711.
- 王登红,陈毓川,徐志刚.新疆阿尔泰印支期伟晶岩的成矿年代 学研究[J].矿物岩石地球化学通报,2003,22(1):14-17.
- WANG Denghong, CHEN Yuchuan, XU Zhigang. ⁴⁰Ar/³⁹Ar isotope dating on muscovites from indosinian rare metal deposits in Central Altay, Northwestern China[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2003, 22(1): 14–17.
- 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 等. 阿尔泰成矿省的成矿系列及成矿 规律 [M]. 北京: 原子能出版社, 2002, 1–493.
- 王登红,陈毓川,邹天人,等.新疆阿尔泰阿祖拜稀有金属-宝石 矿床的成矿时代—燕山期稀有金属成矿的新证据[J].地 质论评,2000,46(3):307-311.
- WANG Denghong, CHEN Yuan, ZOU Tianren, et al. ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating for the Azubai rare metal-gem deposit in Altay, Xinjiang-New evidence for Yanshanian mineralization of rare metals[J]. Geological Review, 2000, 46(3): 307–311.

- 王春龙,秦克章,唐冬梅,等.阿尔泰阿斯喀尔特 Be-Nb-Mo 矿床 年代学、锆石 Hf 同位素研究及其意义[J].岩石学报,2015, 31(8):2337-2352.
- WANG Chunlong, QIN Kezhang, TANG Dongmei, et al. Geochronology and Hf isotope of zircon for the Arskartor Be–Nb–Mo deposit in Altay and its geological implications[J]. Acta Petrologica Sinica, 2015, 31(8): 2337–2352.
- 王京彬,王玉往,何志军.东天山大地构造演化的成矿示踪[J]. 中国地质,2006,33(3):461-469.
- WANG Jingbin, WANG Yuwang, HE Zhijun. Ore deposits as a guide to the tectonic evolution in the East Tianshan Mountains, NW China[J]. Geology in China, 2006, 33(3): 461–469.
- 王涛,童英,李舢,等.阿尔泰造山带花岗岩时空演变、构造环 境及地壳生长意义—以中国阿尔泰为例[J].岩石矿物学 杂志,2010,29(6):595-618.
- WANG Tao, TONG Ying, LI Shan, et al. Spatial and temporal variations of granitoids in the Altay orogen and their implications for tectonic setting and crustal growth: perspectives from Chinese Altay[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2010, 29(6): 595–618.
- 吴昌志, 贾力, 雷如雄, 等. 中亚造山带天河石花岗岩及相关铷 矿床的主要特征与研究进展[J]. 岩石学报, 2021, 37(9): 2604-2628.
- WU Changzhi1, JIA Li, LEI Ruxiong, et al. Advances and general characteristics of the amazonite granite and related rubidium deposits in Central Asian Orogenic Belt[J]. Acta Petrologica Sinica, 2021, 37(9): 2604–2628.
- 肖昱,李顺庭,任经武,等.新疆西南天山哈拉峻地区富碱花岗 岩稀有金属含矿性研究—以巴什苏洪岩体为例[J].矿产 勘查,2021,12(7):1548-1555.
- XIAO Yu, LI Shunting, REN Jingwu, et al. Study on rare metal orebearing property of alkali-rich granite in Halajun area of Tianshan mountains, SW Xinjiang: a case study of Basisuhong rock mass[J]. Mineral Exploration, 2021, 12(7): 1548–1555.
- 谢明材, 苏本勋, 王忠梅, 等. 塔里木北缘与碱性岩有关的稀有— 稀土矿床成矿作用研究[J]. 地质科学, 2020, 55(2): 420-438.
- XIE Mingcai, SU Benxun, WANG Zhongmei, et al. Research on the characteristics of rare and rare earth deposits associated with aIkaIine rocks in the northern margin of Tarim, Xinjiang[J]. Chinese Journal of Geology, 2020, 55(2): 420–438.
- 徐海明, 邹天人, 方景玲, 等. 新疆波改果尔铌钽矿成矿床时代 及成因研究[J]. 矿床地质, 2012, 31(S1): 625-626.
- XU Haiming, ZOU Tianren, FANG Jingling, et al. Study on age and genesis of niobium-tantalum deposit in Bozigoer, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 2012, 31(S1): 625–626.
- 杨成栋,丁建刚,杨富全,等.新疆阿尔泰别也萨麻斯矿区奥陶 纪花岗岩岩石地球化学特征及其地质意义[J].地质论评, 2020,66(6):1499-1514.
- YANG Chengdong, DING Jiangang, YANG Fuquan, et al. Geochemistry and its geological significance of the Ordovician granite from the Bieyesamasi deposit, Altay, Xinjiang [J]. Geological Review, 2020, 66(6): 1499–1514.

- 杨富全,张忠利,王蕊,等.新疆阿尔泰稀有金属矿地质特征及 成矿作用[J].大地构造与成矿学,2018,42(6):1010-1026.
- YANG Fuquan, ZHANG Zhongli, WANG Rui, et al. Geological characteristics and metallogenesis of rare metal deposits in Altay,Xinjiang.GeotectonicaetMetallogenia[J].2018,42(6):1010–1026.
- 杨富全,王立本,叶锦华,等.新疆霍什布拉克地区花岗岩锆石 U-Pb年龄[J].中国区域地质,2001,20(3):267-273.
- YANG Fuquan, WANG Liben, YE Jinhua, et al. Zircon U-Pb ages of granites in the Huoshibulak area, Xinjiang[J]. Regional Geology of China, 2001, 20(3): 267–273.
- 杨林春,郑清连,郑勇,等.西南天山巴什索贡岩体岩石地球化 学特征及地质意义[J].新疆地质,2016,34(1):93-99.
- YANG Linchun, ZHENG Qinglian, ZHENG Yong, et al. The geochemical characteristics and geological significance of Bashisuogong pluton in southwest Tianshan[J]. Xinjiang Geology, 2016, 34(1): 93–99.
- 余元军,万建领,闫佐,等.新疆阿图什苏洪东碱性花岗岩型铌 钽富矿脉的发现及意义[J].地质学刊,2021,45(3):225-229.
- YU Yuanjun, WAN Jianling, YAN Zuo, et al. Discovery and significance of the Suhongdong alkaline granite-type Nb-Ta-enriched vein in Artux, Xinjiang[J]. Journal of Geology, 2021, 45(3): 225–229.
- 中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心. 2019 年全球矿产 资源形势分析报告 [R]. 2020.
- 周天怡. 中国新疆阿祖拜伟晶岩型海蓝宝石成因研究 [D]. 北京: 北京大学, 2015, 124.
- ZHOU Tianyi. Genetic study on aquamarine of Azubai pegmatitic type in Xinjiang, China (Doctor dissertation research paper) [D]. Beijing: Peking University, 2015, 124.
- 邹思远.塔里木大火成岩省晚期岩浆事件与演化过程 [D]. 杭州:浙江大学, 2016, 33-34.
- ZOU Siyuan. Late magmatic events and evolution in Tarim volcanic diagenetic Province[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016, 33–34.
- 邹天人,李庆昌.中国新疆稀有及稀土金属矿床 [M].北京:地质 出版社,2006,1-264.
- 邹天人,徐珏,陈伟十,等.塔里木盆地北缘碱性岩型稀有稀土 矿床[J].矿床地质,2002,21(S1):845-848.
- ZOU Tianren, XU Jue, CHEN Weishi, et al. Rare and rare earth mineral deposits related to alkaline rocks on northern margin of Tarim Basin, Xinjing, China[J]. Mineral Deposits, 2002, 21(S1): 845–848.
- 张辉,吕正航,唐勇.新疆阿尔泰造山带中伟晶岩型稀有金属矿 床成矿规律、找矿模型及其找矿方向[J].矿床地质,2019, 38(4):792-814.
- ZHANG Hui, LÜ Zhenghang, TANG Yong. Metallogeny and prospecting model as well as prospecting direction of pegma-titetype rare metal ore deposits in Altay orogenic belt, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 2019, 38(4): 792–814.
- 张辉, 唐勇, 吕正航, 等. 新疆阿尔泰成矿带哈龙-青河一带稀有 金属成矿规律及找矿靶区预测研究 [R]. 2014, 1-154.

- 张亚峰, 蔺新望, 郭岐明, 等. 阿尔泰南缘可可托海地区阿拉尔 花岗 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年、岩石地球化学特征及其 源区意义[J]. 地质学报, 2015, 89(2): 339-354.
- ZHANG Yafeng, LIN Xinwang, GUO Qiming, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating and geochemistry of Aral granitic plutons in Koktokay Area in the southern Altay margin and their source significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(2): 339–354.
- Annikova I Yu, Vladimirov A G, Vystavnoi S A, et al. U–Pb and ³⁹Ar/⁴⁰Ar dating and Sm–Nd and Pb–Pb isotope systematics of the Kalguty Mo–W ore-magmatic system, Southern Altai[J]. Petrologiya, 2006, 14(2): 90–108.
- Che Xudong, Wu Fuyuan, Wang Rucheng, et al. In situ U–Pb isotopic dating of columbite–tantalite by LA–ICP–MS[J]. Ore Geology Reviews, 2015, 65: 979–989.
- Chen Bin, Jahn Borming. Geochemical and isotopic studies of the sedimentary and granitic rocks of the Altai orogen of northwest China and their tectonic implications[J]. Geological Magazine, 2002, 139(1): 1–13.
- Chen Boyang, Wu Changzhi, Brzozowski Matthew J, et al. Geochronology and tectonic setting of the giant Guobaoshan Rb deposit, Central Tianshan, NW China[J]. Ore Geology Reviews, 2022, 141: 104636.
- Chen Chao, Lü Xinbiao, Wu Chunming, et al. Origin and geodynamic implications of concealed granite in Shadong Tungsten deposit, Xinjiang, China: Zircon U-Pb chronology, geochemistry, and Sr-Nd-Hf isotope constraint[J]. Journal of Earth Science, 2018, 29: 114–129.
- Dobretsov N L, Berzin N A, Buslov M. Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian Ocean[J]. International Geology Review, 1995, 37: 335–360.
- Feng Yonggang, Liang Ting, Linnen Robert, et al. LA-ICP-MS dating of high-uranium columbite from No. 1 pegmatite at Dakalasu, the Chinese Altay orogen: Assessing effect of metamictization on age concordance [J]. Lithos, 2020, 362–363: 105461.
- Feng Yonggang, Liang Ting, Zhang Zhongli, et al. Columbite U-Pb geochronology of Kalu'an lithium pegmatites in northern Xinjiang, China: Implications for genesis and emplacement history of rare element pegmatites [J]. Minerals, 2019, 9(8): 456.
- Gao Jianfeng, Wang Haohua. Permian mafic-ultramafic magmatism and sulfide mineralization in the Central Asian Orogenic Belt: A review[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2024, 264: 106071.
- Gaskov I V. Features of magmatim-related metallogeny of Gorny Altai and Rudny Altai (Russia)[J]. Russian Geology and Geophysics, 2018, 59: 1010–1021.
- Gulley A L, Nassar N T, Xun S. China, the United States, and competition for resources that enable emerging technologies[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018, 115(16):4111–4115.
- Han Yigui, Zhao Guochun. Final amalgamation of the Tianshan and Junggar orogenic collage in the southwestern Central Asian Orogenic Belt: Constraints on the closure of the Paleo-Asian Ocean[J]. Earth-Science Reviews, 2018, 186; 129–152.

- Han Chunming, Xiao Wenjiao, Su Benxun, et al. Late Paleozoic metallogenesis and evolution of the Chinese Western Tianshan Collage, NW China, Central Asia orogenic belt[J]. Ore Geology Reviews, 2020, 124: 103643.
- Li Xiaofeng, Wang Guo, Mao Wei, et al. Fluid inclusions, muscovite Ar–Ar age, and fluorite trace elements at the Baiyanghe volcanic Be–U–Mo deposit, Xinjiang, northwest China: Implication for its genesis[J]. Ore Geology Reviews, 2015, 64: 387–399.
- Liu Feng, Zhang Zhixin, Li Qiang, et al. New precise timing constraint for the Keketuohai No. 3 pegmatite in Xinjiang, China, and identification of its parental pluton[J]. Ore Geology Reviews, 2014, 6: 209–219.
- Liu Siyu, Wang Rui, Jeon H, et al. Indosinian magmatism and rare metal mineralization in East Tianshan orogenic belt: An example study of Jingerquan Li-Be-Nb-Ta pegmatite deposit[J]. Ore Geology Reviews, 2020, 116: 103265.
- Lü Zhenghang, Zhang Hui, Tang Yong, et al. Petrogenesis and magmatic–hydrothermal evolution time limitation of Kelumute No. 112 pegmatite in Altay, Northws[J]. Lithos, 2012, 154: 374–391.
- Lü Zhenghang, Zhang Hui, Tang Yong, et al. Anatexis origin of rare metal/earth pegmatites: Evidences from the Permian pegmatites in the Chinese Altai [J]. Lithos, 2021, 380–381: 105865.
- Lü Zhenghang, Zhang Hui, Tang Yong, et al. Petrogenesis of synorogenic rare metal pegmatites in the Chinese Altai: Evidences from geology, mineralogy, zircon U-Pb age and Hf isotope[J]. Ore Geological Review, 2018, 95: 161–181.
- Mao Qiqui, Wang Jingbin, Xiao Wenjiao, et al. From Ordovician nascent to early Permian mature arc in the southern Altaids: Insights from the Kalatage inlier in the Eastern Tianshan, NW China[J]. Geosphere, 2021, 17: 647–683.
- Muhtar M N, Wu Changzhi, Santosh M, et al. Peraluminous granitoid magmatism from isotopically depleted sources: The case of Jing'erquanbei pluton in eastern Tianshan, Northwest China[J]. Geological Journal, 2020, 55(1): 117–132.
- Wang Tao, Hong Dawei, Jahn Borming, et al. Timing, petrogenesis, and setting of Paleozoic synorogenic intrusions from the Altai Mountains, Northwest China: implications for the tectonic evolution of an accretionary orogeny [J]. Journal of Geology, 2006, 114: 735–751.
- Wang Tao, Tong Ying, Jahn Borming, et al. SHRIMP U-Pb Zircon geochronology of the Altai No. 3 Pegmatite, NW China, and its

implications for the origin and tectonic setting of the pegmatite [J]. Ore Geology Reviews, 2007, 32: 325–336.

- Sololova E N, Smirnov S Z, Astrelina E I, et al. Ongonite–elvan magmas of the Kalguty ore-magmatic system (Gorny Altai): composition, fluid regime, and genesis[J]. Russian Geology and Geophysics, 2011, 52: 1378–1400.
- Yang Fuquan, Mao Jingwen, Liu Feng, et al. A review of the geological characteristics and mineralization history of iron deposits in the Altay orogenic belt of the Xinjiang, Northwest China[J]. Ore Geology Reviews, 2013, 54: 1–16.
- Yang Fuquan, Geng Xinxia, Wang Rui, et al. A synthesis of mineralization styles and geodynamic settings of the Paleozoic and Mesozoic metallic ore deposits in the Altay Mountains, NW China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2018, 159: 233–258.
- Zhang Xin, Zhang Hui, Ma Zanlong, et al. A new model for the granite-pegmatite genetic relationships in the Kaluan-Azubai-Qiongkuer pegmatite-related ore fields, the Chinese Altay[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2016, 124: 139–155.
- Zhang Zhenlong, Yang Fuquan, Zhou Taofa, et al. Geochronology and geochemistry of the Early Paleozoic ore-host volcanic sequence in the Kalatag area, East Tianshan, NW China: Implication for tectonic evolution[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2023, 97(5): 1372–1387.
- Zhi Jun, Lei Ruxiong, Chen Boyang, et al. Zircon genesis and geochronology for the Zhangbaoshan super-large rubidium deposit in the Eastern Tianshan, NW China: Implication to magmatichydrothermal evolution and mineralization processes [J]. Frontiers in Earth Science, 2021, 9: 682720.
- Zhou Qifeng, Qin Kezhang, Tang Dongmei, et al. LA-ICP-MS U–Pb zircon, columbite- tantalite and ⁴⁰Ar–³⁹Ar muscovite age constraints for the rare-element pegmatite dykes in the Altai orogenic belt, NW China[J]. Geological Magazine, 2016, 155(3): 707–728.
- Zhou Qifeng, Qin Kezhang, Tang Dongmei, et al. Formation age and evolution time span of the Koktokay No. 3 pegmatite, Altai, NW China: evidence from U-Pb Zircon and ⁴⁰Ar-³⁹Ar Muscovite Ages[J]. Resource Geology, 2015, 65(3): 210–231.
- Zhu Yongfeng, Zeng Yishan, Gu Libing. Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite No. 3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay Mountains, northwest China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2006, 27: 61–77.