

富Nb玄武岩的地球化学特征及其构造意义

地质2102班：石佳华 指导教师：李海 论文类型：毕业论文

摘要：本文以新疆乌孙山地区富 Nb 玄武岩为研究对象，通过系统的岩相学、主量元素、微量元素及 Sr-Nd 同位素分析，揭示了其地球化学特征及构造意义。结果显示，乌孙山富 Nb 玄武岩具低 SiO₂、高 TiO₂、富 Na₂O 贫 K₂O，富集 Nb、Zr，稀土配分呈 LREE 富集型，并具明显的“TNT”负异常等主微量元素地球化学特征。研究表明，乌孙山富 Nb 玄武岩形成与地幔楔部分熔融有关，受结晶分异和轻微地壳混染影响，源区含石榴子石，构造环境属岛弧到板内过渡区，与南天山洋板块俯冲、回卷引发的弧后伸展相关。研究结果为中亚造山带西段构造演化研究提供科学依据。

关键词：富 Nb 玄武岩；地球化学；源区特征；构造演化；乌孙山

1 研究背景及意义

富 Nb 玄武岩是全球岩石学家特别关注的独特岩石类型，对理解俯冲作用、地幔演化及成矿机制意义重大。它最早在菲律宾 Mindanao 岛被发现，后在俄罗斯 Kamchatka 半岛等地也有发现，属于 Si 饱和、富 Na 的岛弧玄武岩，与高 Nb 玄武岩（Nb>20 ppm）有相似地球化学特征，且共生岩石组合独特，被认为是大洋板块俯冲的直接产物。

天山造山带位于中亚造山带西南缘，乌孙山位于新疆伊犁盆地南缘，新生代以来，受欧亚板块与印度板块碰撞的影响，其构造演化与地幔楔部分熔融、富 Nb 玄武岩密切成因。

2 发展现状

国际上对富 Nb 岛弧玄武岩研究成果丰富，而国内确认的产地较少，在微量元素行为、源区界定等方面仍存在争议。乌孙山地区产出的富 Nb 玄武岩究竟属于岛弧还是大陆玄武岩，这一争论关乎区域及中亚造山带构造演化，因此对其开展研究具有重要的学术价值。

3 实验分析

3.1 地球化学分析

研究采用岩相学观察、X 射线荧光光谱（XRF）、电感耦合等离子体质谱（ICP-MS）及同位素分析等技术，并结合 Geokit 数据处理平台进行成果分析。

1) 主量元素

乌孙山火山岩属玄武岩，具有 TiO₂、P₂O₅、Na₂O 含量高，富 Na 贫 K 的特点，

里特曼指数大，涵盖多种类型及岩浆系列， $Mg^\#$ 值及主量元素与 MgO 相关性对构造研究重要。

2) 微量元素

样品富含高场强元素，大离子亲石元素亏损，稀土元素左高右低（图 3.1a），蛛网图呈锯齿状（图 3.1b），表现出岛弧岩浆岩的特征，且 ΣREE 高于洋脊玄武岩。

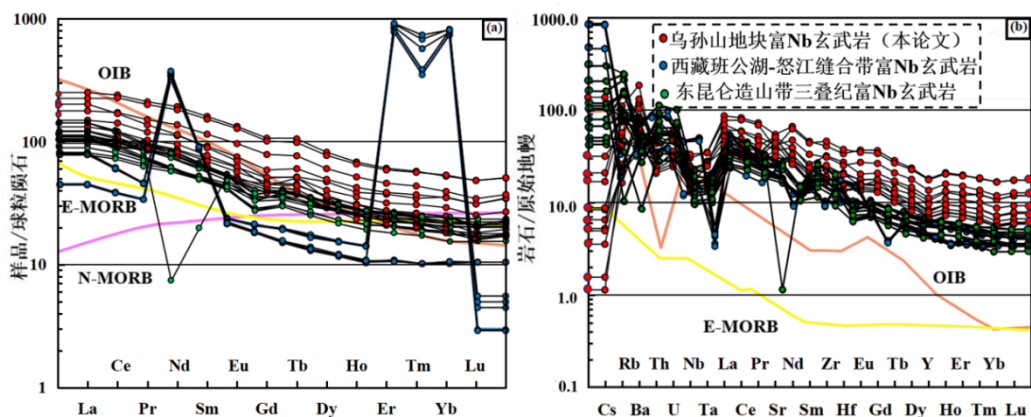


图 3.1 (a) CHUR 标准化稀土元素分布图；(b) PM 标准化微量元素蜘蛛图

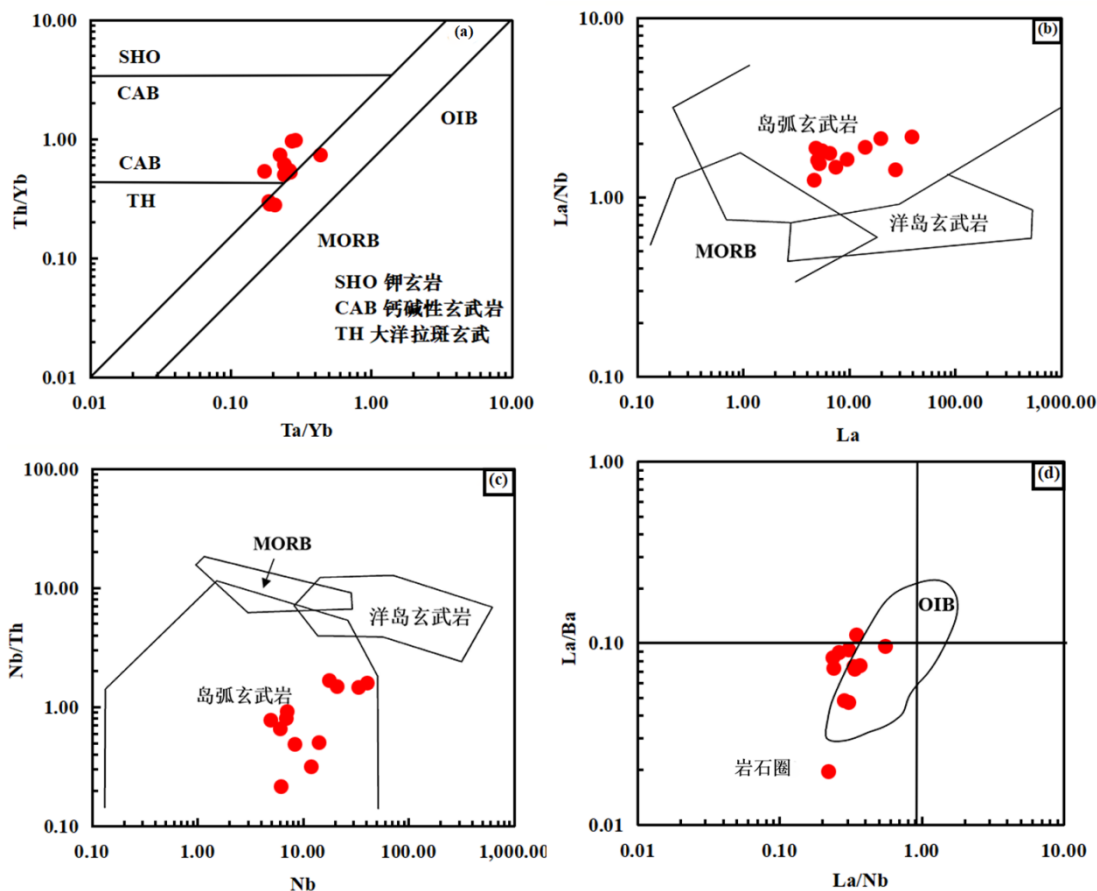


图 3.2 (a, b, c, d) 乌孙山地区岩浆源区特征判别图

3) Sr-Nd 同位素组成

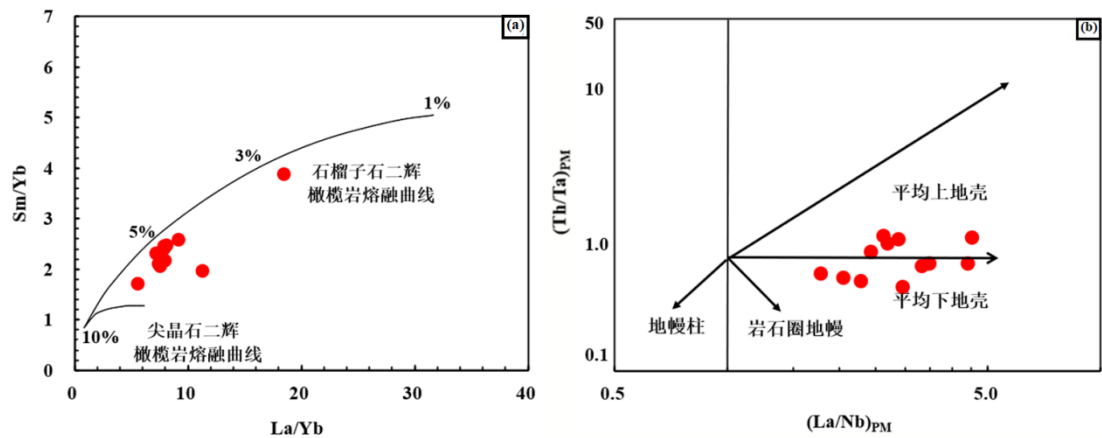


图 3.3 (a) La/Yb vs Sm/Yb 图; (b) (La/Nb)_{PM} vs (Th/Ta)_{PM} 图

⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值低, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 比值相近, εNd(t)变化大, 指示其源区位亏损地幔源区, 为岛弧成因提供了证据。

3.2 岩石成因论

1) 部分熔融

乌孙山玄武岩经历了部分熔融与快速冷却过程, 由埃达克岩浆交代地幔楔, 经低程度 (5~8%) 熔融形成 (图 3.3a)。

2) 结晶分异

橄榄石斑晶少, 结晶分异不彻底, 稀土分馏特征及元素相关性反映岩浆演化和源区属性。

3) 同化混染作用

结合 Sr-Nd 同位素 (表 3.1)、LILE 与 MgO 相关性和岩样层位图 (图 3.3b) 综合判断, 岩浆是源于亏损地幔, 经历了中等程度的地壳混染, 且下地壳影响更为显著。

4) 源区特征和 Nb-Ta 分异

岩浆源区为 EM_I 型亏损地幔的岛弧玄武岩和大陆玄武岩, Nb-Ta 分异受源区矿物、熔融、结晶、混染等多因素影响 (图 3.2)。

表3.1 乌孙山地区富Nb玄武岩的3个Sr-Nd同位素组成

岩样	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	±2σ	(⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	±2σ	(¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd) _i	εNd
W ₅	0.054118	0.704842	0.000015	0.70458	0.140110	0.512592	0.000007	0.51228	1.58
W ₁₄	0.039630	0.704596	0.000011	0.70440	0.129490	0.512583	0.000011	0.51229	1.87
W ₁₅	0.060395	0.704708	0.000013	0.70441	0.134190	0.512619	0.000006	0.51232	2.37
W ₁₈₋₁	0.118312	0.705381	0.000016	0.70480	0.133960	0.512599	0.000009	0.51230	1.99
W ₁₈₋₂	0.190333	0.705873	0.000008	0.70494	0.120310	0.512624	0.000009	0.51235	3.08

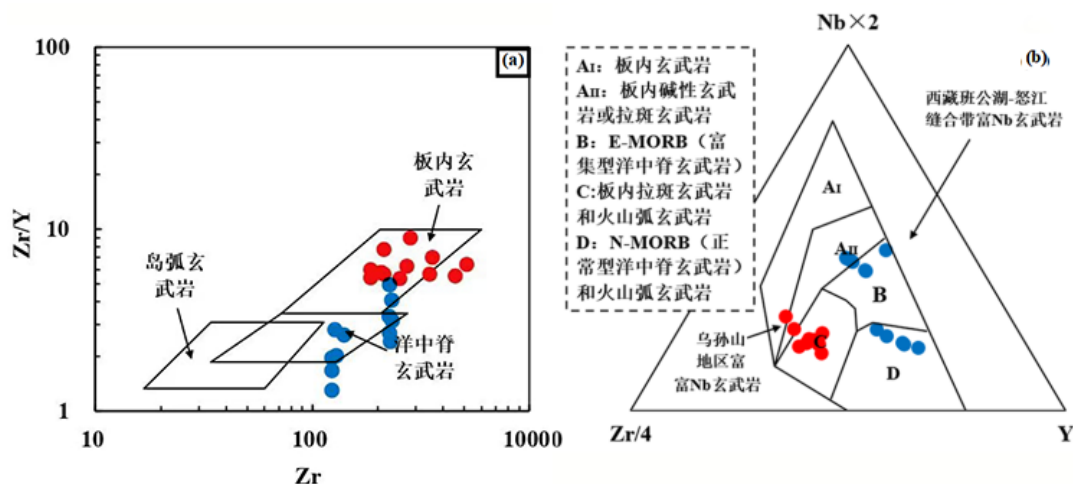


图 3.4 乌孙山地块富 Nb 玄武岩大地构造判别图

3.3 构造环境分析及动力学机制

1) 构造环境判别

主量元素表明其形成于板内或伸展背景，而微量元素指向岛弧环境，综合判定其形成于岛弧到板内的过渡环境（图 3.4）。

2) Nb 富集成因及动力学演化机制

富 Nb 玄武岩具弧后盆地亲和性，源于南天山板块回卷引发的伸展环境，经历了地幔减压熔融、软流圈上涌交代等过程，并受俯冲板片流体、地壳混染的影响，塑造了独特地球化学特征（图 3.5）。

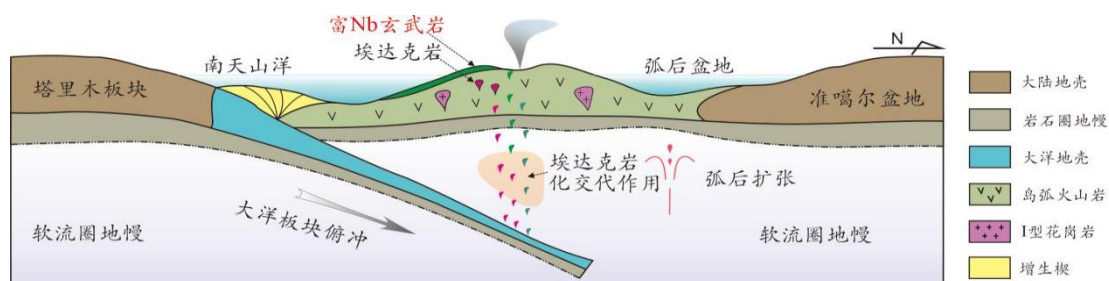


图 3.5 伊宁西部地块早石炭纪构造演化模型

4 研究结论

1) 乌孙山富 Nb 玄武岩以玄武岩和玄武安山岩为主，具间隐/间粒结构及气孔-杏仁构造，主量元素低 SiO_2 、高 TiO_2 、富 Na_2O 贫 K_2O ，微量元素富集 Nb、Zr 等 HFSE，稀土配分呈 LREE 富集型，并具“TNT”负异常。

2) 乌孙山富 Nb 玄武岩岩浆源于亏损地幔源区，并受俯冲流体交代地幔楔、低程度部分熔融及石榴子石残留控制，经历结晶分异和弱-中等强度地壳混染，符合“俯冲流体交代-低程度熔融-石榴子石残留”的 Nb 富集机制。

3) 乌孙山富 Nb 玄武岩形成于岛弧向弧后伸展过渡的构造背景，动力学机制与南天山洋板块俯冲回卷引发的弧后扩张、岩石圈拆沉及软流圈上涌相关。