

巴基斯坦西北喜马拉雅构造结科希斯坦—拉达克地体 Pb 同位素组成特征及其示踪意义

吕鹏瑞, 姚文光, 吴亮, 洪俊

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要:作为西北喜马拉雅构造结的重要组成部分, 科希斯坦—拉达克地体的 Pb 同位素组成具有混合 Pb 的特征。笔者在前人研究的基础上重新分析了 Pb 同位素组成特征, 并计算了 H-H 单阶段演化模式年龄, 以及 μ 、 ω 、Th/U、 $\Delta\beta$ 、 $\Delta\gamma$ 值等重要参数。分析表明, Pb 主要来源于壳幔混合物, 但也混入了部分亚洲大陆地壳物质, 其类型相当于受岩浆控制的俯冲带 Pb 同位素组成。通过研究, 发现 Pb 同位素比值具有 DUPAL 异常特征, 推测异常 Pb 可能来源于亚洲大陆边缘, 这可作为研究本区岩浆作用及演化的重要基础资料。

关键词:西北喜马拉雅构造结; 科希斯坦—拉达克地体; Pb 同位素; 巴基斯坦

中图分类号: P592

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2015)01-0056-07

Lead Isotopic Compositions of the Kohistan-Ladakh Terrane in NW Himalayan Syntax, Pakistan and their Tracer Significance

LÜ Pengrui, YAO Wenguang, WU Liang, HONG Jun

(Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Served as an important part of northwest Himalayan syntax, the Kohistan-Ladakh terrane is characterized by the mixed source in the lead isotopic compositions. On the basis of previous studies, the lead isotopic compositions of the Kohistan-Ladakh terrane have been re-analyzed, and their H-H single-stage evolution model ages as well as characteristic parameters (such as, μ values, ω values, Th/U ratios, $\Delta\beta$ values and $\Delta\gamma$ values) are calculated in this paper. The study results show that, the lead is mainly derived from the crust-mantle mixing substances, mixed with some crustal materials from Asian continent, and their types are similar to the subducted lead compositions that controlled by magmatism. The results indicated that their lead isotopic compositions displayed the DUPAL abnormal characteristics. Thus, it is speculated that the anomalous lead may come from Asian continent margin, which can serve as basic reference for studying magmatism and evolution in this area.

收稿日期: 2014-01-20; **修回日期:** 2014-04-28

基金项目:中国地质调查局“苏莱曼山—喀喇昆仑山成矿地质背景和成矿规律对比研究”(1212011120336)、“东特提斯碰撞造山成矿作用”项目(ICGP/SIDA-600)联合资助

作者简介:吕鹏瑞(1984-), 男, 陕西武功人, 硕士, 助理工程师, 目前主要从事境外地质矿产调查研究。E-mail: lvpengrui0910@163.com

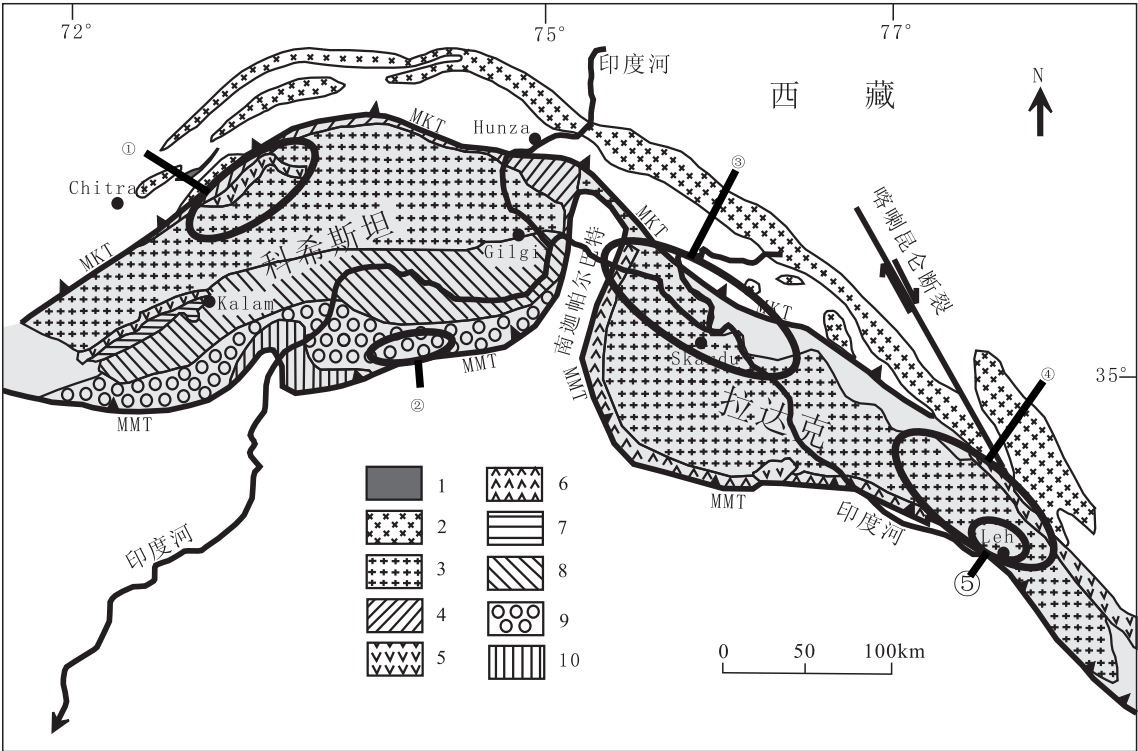
Keywords: NW Himalayan Syntax; Kohistan-Ladakh terrane; lead isotope; Pakistan

科希斯坦-拉达克地体是在印亚大陆碰撞期形成的,是西北喜马拉雅构造结的重要组成部分之一。前人先后分别对科希斯坦地体和拉达克地体进行了研究,但是对其物质来源一直存在争议。Urs Schärer 等(1984)认为拉达克地体的 Pb 来源于大陆地壳,不同于洋中脊玄武岩(MORB);Khan 等(1997)认为科希斯坦-拉达克地体的 Pb 主要来源于印度洋的富集地幔;Sun (1980)和 Woodhead (1989)认为这些 Pb 主要来源于南亚大陆边缘的岛弧。然而,Rolland 等(2002)认为这些 Pb 很可能来源于印度 MORB 地幔、Java 型深海沉积物和太平洋火山成因沉积物型组分的混合物。笔者在前人研究的基础上,对科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素特征重新分析,以期获得科希斯坦-拉达克地体真正的物

质来源。

1 地质概况

西北喜马拉雅构造结是由古生代以及白垩纪至今的造山作用形成的,包括 3 个大型大地构造单元:南伽帕尔巴特-哈拉穆什山嘴、科希斯坦-拉达克地体和喀喇昆仑地体(Rolland 等,2006)。科希斯坦-拉达克地体被夹持于亚洲板块和印度板块之间(Tahirikheli 等,1979; Treloar 等,1990),其北部以喀喇昆仑主逆冲断层(MKT)为界,南部以主地幔逆冲断层(MMT)为界(图 1)。喀喇昆仑主逆冲断层(MKT)是由科希斯坦地区 Shyok 缝合带再次活化形成的,构成了科希斯坦和喀喇昆仑的边界(Coward



1. Purit 组地层;2. 喀喇昆仑基岩;3. 科希斯坦-拉达克基岩;4. Chalt 火山岩和 Yasin 群;5. 同碰撞/后碰撞火山岩;6. Dras 火山岩;7. Baral Banda 组地层;8. Chalas 杂岩体;9. Kamila 角闪岩;10. Jijal 杂岩体;MMT. 主地幔逆冲断层;MKT. 喀喇昆仑主逆冲断层;①. Teru 火山岩建造(TVF)和科希斯坦基岩(KB)数据采样位置;②. Sapat 杂岩体(SC)数据采样位置;③. 西拉达克地体(WL)数据采样位置;④. 东拉达克地体(EL)数据采样位置;⑤. 冈底斯深成岩带(TPB)数据采样位置;灰色阴影部分为科希斯坦-拉达克地体范围

图 1 科希斯坦-拉达克地体地质简图(据 Shama,1991;Searle 等,1996;Khan 等,2004 修改)

Fig. 1 Geological Sketch of the Kohistan - Ladakh Terrane (Modified from Shama, 1991; Searle et al, 1996; Khan et al,2004)

等,1986)。主地幔逆冲断层(MMT)是印度河-雅鲁藏布江缝合带向西延伸的部分。

在亚洲和印度大陆边缘,随着二叠纪—三叠纪时期新特提斯洋的打开,喜马拉雅造山运动随即开始(Ricou,1994)。在三叠纪与中白垩纪之间的洋壳增生阶段,印度大陆开始快速向北漂移(Rolland等,2002)。中白垩世期间,新特提斯洋向南俯冲,它与喀喇昆仑的洋内俯冲作用形成了科希斯坦-拉达克地体(Coward等,1986;Hanson,1989;Rolfo等,1997;Rolland等,2000)。在印亚大陆碰撞期间,科希斯坦-拉达克地体沿着主地幔逆冲断层(MMT)仰冲到了印度边缘之上(Tahirkheli等,1979),在印度大陆边缘,主地幔逆冲断层(MMT)南段向南逆冲,与由北向南的褶皱构成了喜马拉雅造山带(Treloar等,1990)。

2 Pb 同位素总特征

前人已经分别报道了科希斯坦地体和/或拉达克地体的 Pb 同位素特征(Urs Schärer 等,1984;Rolland 等,2002;Khan 等,2004;Bouilhol 等,2010)。笔者主要是对前人的研究数据进行总结归纳(表 1),并在此基础上对其进行分析研究。

科希斯坦-拉达克地体²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 值为 38.29~39.51,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 值为 15.51~15.69,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 值为 18.14~19.26(表 1)。其中,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 值具有较高的比值,显示²⁰⁷Pb 富集。对比前人研究成果,发现科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素总体表现出 DU-PAL 异常特征(Hart,1984;Rolland 等,2002)。

前人研究发现通过 H-H 单阶段 Pb 演化模式

表 1 科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素组成表
Tab.1 Lead Isotopic Compositions of the Kohistan-Ladakh Terrane

采样位置	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	数据来源
Teru 火山岩建造(TVF)	38.49~38.90	15.55~15.66	18.43~18.59	Khan 等(2004)
科希斯坦基岩(KB)	38.48	15.55	18.44	
冈底斯深成岩带(TPB)	38.67~38.68	15.60~15.61	18.48~18.50	Urs Schärer 等(1984)
西拉达克地体(WL)	38.31~39.51	15.51~15.69	18.14~19.26	Rolland 等(2002)
东拉达克地体(EL)	38.66~39.22	15.58~15.63	18.52~19.10	
Sapat 杂岩体(SC)	38.29~38.96	15.56~15.64	18.36~18.74	Bouilhol 等(2010)

注:所有引用的²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 数据均为校正后数据。

既可以得出单阶段演化 Pb 从源区析出的时间,又可以获得源区内 Pb 同位素的各种相关参数(Hoefs et al,1997;Faure et al,2005)。笔者在前人的 Pb 同位素数据基础上,通过 H-H 单阶段 Pb 演化模式计算得出科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素的相关

系数,计算结果见表 2。其中, μ 值为 9.31~9.63,平均为 9.46; ω 值变化范围为 35.61~39.12,平均为 36.86;Th/U 值为 3.64~3.93,平均为 3.77。H-H 模式年龄变化范围为-441.7~246.2 Ma,部分模式年龄出现了负值(表 2)。

表 2 科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素组成特征值表
Tab.2 Lead Isotopic Characteristic Parameters of the Kohistan-Ladakh Terrane

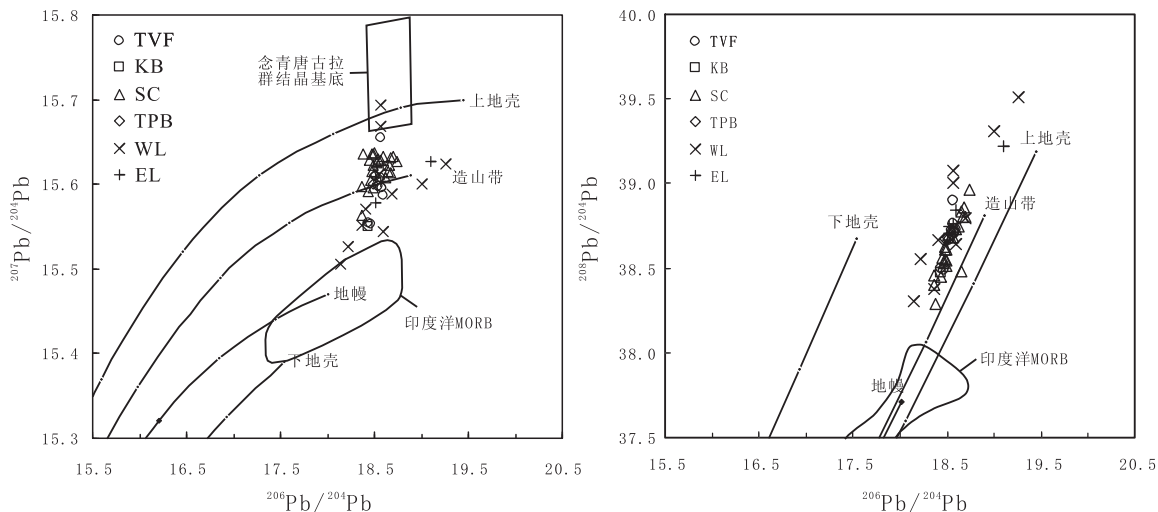
采样位置	<i>t</i> (Ma)	μ	ω	Th/U	$\Delta\beta$	$\Delta\gamma$
Teru 火山岩建造(TVF)	16.1~125.6	9.37~9.56	36.03~38.07	3.72~3.85	14.57~21.47	30.27~43.56
科希斯坦基岩(KB)	84.3	9.36	36.07	3.73	14.42	30.43
冈底斯深成岩带(TPB)	113.9~115.9	9.46~9.47	37.08~37.11	3.79	17.82~18.47	37.02~37.20
西拉达克地体(WL)	-441.7~246.2	9.31~9.63	35.86~39.12	3.72~3.93	12.26~24.18	30.19~54.40
东拉达克地体(EL)	-314.0~111.0	9.41~9.49	36.22~37.38	3.71~3.81	16.18~19.17	36.84~46.77
Sapat 杂岩体(SC)	-39.6~232.0	9.40~9.54	35.61~37.28	3.64~3.79	15.65~20.68	27.70~39.75

3 讨论

Pb 同位素特征值(μ 、 ω 等)具有重要的示踪意义(李英, 1985)。Doe 等(1979)、Kamona 等(1999)、吴开兴等(2002)研究,发现来源于上地壳物质(相对富集 U、Th)的 Pb 或者是位于零等时线右侧的放射成因 Pb 通常具有高 μ 值(大于 9.58),下地壳 Pb 通常表现低 μ 高 ω 的特点,上地幔 Pb 大多表现为低 μ 低 ω ,地幔 $Pb\mu$ 值为 8.92。通常认为下地壳或上地幔 Pb 一般具有低 μ 值(Stacey 等, 1975;吕鹏瑞等,2012)。科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素 μ 值为 9.31~9.63,均高于原始地幔 $Pb\mu$ 值

(8.92),个别高于上地壳 Pb(9.58); ω 值变化范围为 35.61~39.12,均值为 36.86,接近地壳平均 ω 值(36.84);Th/U 值为 3.64~3.93,均高于地幔 Th/U 值(3.45),表明 Pb 主要来源于壳幔混合物质,更多的来源于富含 U、Th 的上地壳物质。

前人研究认为单阶段 H-H 模式出现零值或负值时,表明该样品中的 Pb 并非正常 Pb,可能混入了放射性成因 Pb(王兴安,1999;Faure 等,2005;李善平等,2013)。对科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素进行 H-H 模式年龄计算,结果发现部分样品的模式年龄为负值(表 2),说明该地体的 Pb 属于混合 Pb,这从另一面支持了 Rolland 等(2002)所提出的混合来源观点。



TVF. Teru 火山岩建造;KB. 科希斯坦基岩;SC. Sapat 杂岩体;TPB. 冈底斯深成岩带;WL. 西拉达克地体;EL. 东拉达克地体
图 2 科希斯坦-拉达克地体铅同位素构造环境演化图(底图据 Zartman 等,1981;念青唐古拉群结晶基底据 Gariépy 等,1985;印度洋 MORB 据 Sun,1980)

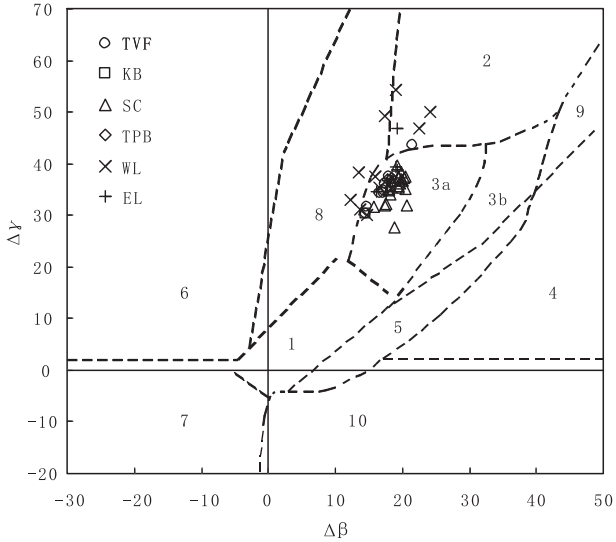
Fig.2 Diagram Showing Evolutionary Tectonic Settings of the Kohistan-Ladakh Terrane (base map sourced from Zartman et al,1981, Nyainqentanglha Group crystalline basement from Gariépy et al, 1985; Indian ocean MORB from Sun, 1980)

依据 Zartman 等(1981)提出的构造环境演化图解,并结合 Gariépy 等(1985)所圈定的念青唐古拉群结晶基底范围和 Sun(1980)所圈定的印度洋 MORB 范围,对科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素数据进行投图(图 2)。可以看出,在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解中,大多数数据点投在上地壳演化曲线与地幔演化曲线之间,主要集中在造山带演化曲线附近,只有 2 件西拉达克地体数据点落在上地壳演化曲线附近的念青唐古拉群结晶基底范围内,1 件西拉达克地体数据点投在了印度洋 MORB 范围

内,表明科希斯坦-拉达克地体的 Pb 主要来源于壳幔混合物质,同时印度洋 MORB 和亚洲大陆边缘的上地壳也起了一定的作用。在 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解中,所有样品均投在造山带演化曲线附近,反应该地体的 Pb 主要受壳幔混合作用控制。

为了排除时间因素的影响,更好地追踪 Pb 的源区,笔者将科希斯坦-拉达克地体的 Pb 同位素数据投在朱炳泉(1998)提出的 $\Delta\beta$ – $\Delta\gamma$ 成因分类图上(图 3)。可以看出,3 个西拉达克地体数据点投到了

造山带 Pb 的区域,3 个西拉达克地体数据点、1 个 Teru 火山岩建造数据点和 1 个东拉达克地体数据点投在上地壳 Pb 的范围内,其余数据点均投到了上地壳与地幔混合的(岩浆作用)俯冲带 Pb 的区域。这一特征与 Zartman 的 Pb 构造模式中 Pb 同位素数据的分布特征基本一致,反映成矿物质的来源与岩浆作用有关,表明科希斯坦-拉达克地体的 Pb 来源于壳幔混合物质,表现了受岩浆作用控制的俯冲带 Pb 的特征。



1. 地幔源 Pb;2. 上地壳源 Pb;3. 上地壳与地幔混合的俯冲带 Pb(3a. 岩浆作用;3b. 沉积作用);4. 化学沉积型 Pb;5. 海底热水作用 Pb;6. 中深变质作用 Pb;7. 深变质下地壳 Pb;8. 造山带 Pb;9. 古老页岩上地壳 Pb;10. 退变质;TVF. Teru 火山岩建造;KB. 科希斯坦基岩;SC. Sapat 杂岩体;TPB. 冈底斯深成岩带;WL. 西拉达克地体;EL. 东拉达克地体

图 3 科希斯坦-拉达克地体铅同位素 $\Delta\beta-\Delta\gamma$ 成因分类图解(底图据朱炳泉等,1998)

Fig. 3 $\Delta\beta-\Delta\gamma$ Diagram Showing Genetic Classification of Lead Isotope from the Kohistan-Ladakh Terrane (base map sourced from Zhu et al, 1980)

科希斯坦-拉达克地体 Pb 同位素总体表现 DUPAL 异常特征,Khan 等(1997)曾经将科希斯坦岩浆岩的 DUPAL 异常解释为印度洋富集地幔的结果,Sun(1980)和 Woodhead(1989)认为 DUPAL 异常是由南亚大陆边缘岛弧演化产生的 Pb 同位素富集物质表现出来的,Tu 等(1991)在沿着东南亚大陆边缘的其他地方也检测出 DUPAL 异常。结合上

述讨论结果,可以推测科希斯坦-拉达克地体的异常 Pb 可能来源于亚洲大陆边缘。

4 结论

(1)科希斯坦-拉达克地体²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 值为 38.291 ~ 39.509,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 值为 15.506 ~ 15.694,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 值为 18.142 ~ 19.262。其中,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 具有较高的比值,显示²⁰⁷Pb 富集,表现 DUPAL 异常特征。H-H 单阶段模式年龄部分出现负值,表明 Pb 为混入了放射性成因 Pb 的混合 Pb。

(2)Pb 同位素特征值、构造环境演化图解和 $\Delta\beta-\Delta\gamma$ 成因分类图,均显示 Pb 主要来源于壳幔混合物质,也有很大一部分来源于亚洲大陆地壳物质,表现了受岩浆作用控制的俯冲带 Pb 特征。

(3)在 Pb 同位素特征的基础上,结合前人研究成果,笔者推测科希斯坦-拉达克地体的异常 Pb 可能来源于亚洲大陆边缘。

致谢:本文在写作和修改过程中得到了西安地质调查中心计文化研究员、李英老师、杨星老师的热情指导和帮助。审稿和出版过程中,相关专家提出了宝贵的意见和建议,编辑部同志付出了辛勤劳动,在此一并致谢。

参考文献(References):

李善平,黄青华,李小雪,等. 青海三江北段莫海拉亨铅锌矿床地质特征及铅同位素组成的地质意义[J]. 西北地质, 2013,46(1):119-129.

LI HP, HUANG QH, LI XX, et al. Geologic characteristics and genetic analysis of lead-zinc deposits of the Mo-hailaheng area in the northern section of Lancang river, Nujiang rive and Jinsha river, Qinghai[J]. Northwest-ern Geology, 2013,46(1):119-129.

李英. 西成矿田铅同位素组成及其成因意义[J]. 西北地质, 1985,(6):20-28.

LI Y. Lead isotopic composition of the Xihe-Chengxian ore field in Gansu and its genetic significance[J]. North-western Geology, 1985,(6):20-28.

吕鹏鹏,李德荣,彭义伟,等. 黑龙江三矿沟矽卡岩型 Cu-Fe-Mo 多金属矿床矿石硫化物硫、铅同位素特征及锆石 U-Pb 定年[J]. 中国地质,2012,39(3):717-728.

- LÜ PR, LI DR, PENG YW, et al. S-Pb characteristics of ore sulfides and U-Pb dating of zircon from the Sankuanggou Skarn-type Cu-Fe-Mo deposit in Heilongjiang Province[J]. *Geology in China*, 2012, 39(3): 717-728.
- 吴开兴, 胡瑞忠, 毕献武, 等. 矿石铅同位素示踪成矿物质来源综述[J]. *地质地球化学*, 2002, 30(3): 73-81.
- WU KX, HU RZ, BI XW, et al. Ore lead isotopes as a tracer for ore-bearing metarial sources: a review[J]. *Geology Geochemistry*, 2002, 30(3): 73-81.
- 王兴安. 甘肃白银厂铜矿田硫铅同位素地球化学研究[J]. *西北地质*, 1999, 32(1): 18-23.
- WANG XA. Study on S-Pb isotopic geochemistry of the copper ore field in Baiyinchang, Gansu[J]. *Northwestern Geology*, 1999, 32(1): 18-23.
- 朱炳泉. 地球科学中同位素体系理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 216-235.
- ZHU BQ. Theory of isotopic system and its application in earth sciences [M]. Beijing: Science Press, 1998: 216-235.
- BOUILHOL P, URS Schaltegger, CHIARADIA M, et al. Timing of juvenile arc crust formation and evolution in the Sapat Complex (Kohistan-Pakistan)[J]. *Chemical Geology*, 2010, 280: 243-256.
- COWARD M P, WINDLEY B F, BROUGHTON I W, et al. Collision tectonics in the NW Himalayas[A]. In: Coward MP, Ries AC (eds.), *Collision Tectonics*[C]. Geological Society of London Special Publications, 1986, 19: 203-219.
- DOE B R, ZARTMAN R E. Plumbotectonics 1. the Phanerozoic. Barnes HL. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits* (2nd. Ed)[J]. Wiley Interscience, 1979, (2): 22-70.
- FAURE G, MENSING T M. *Isotopes: Principles and Applications* (3rd ed)[M]. New York: John Wiley & Sons, 2005: 256-283.
- GARIÉPY C, ALLÈGRE C J, XU R H. The Pb-isotope geochemistry o granitoids from the Himalaya- Tibet collision zone implication for crustal evolution[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1985, 74: 220-234.
- HANSON C R. The northern suture in the Shigar valley, Baltistan, northern Pakistan[J]. *Geological Society of America Special Paper* 232, 1989: 203-215.
- HART S R. A large-scale isotopic anomaly in the Southern hemisphere mantle[J]. *Nature*, 1984, 309: 753-757.
- HOEFS J. *Stable Isotope Geochemistry* (4th ed)[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1997: 119-120.
- KAMONA A F, LÉVÊQUE J, FRIEDRICH G, et al. Lead isotopes of the carbonate-hosted Kabwe, Tsumeb, and Kipushi Pb-Zn-Cu sulphide deposits in relation to Pan African orogenesis in the Damaran-Lufilian Fold Belt of Central Africa [J]. *Mineralium Deposita*, 1999, 34: 273-283.
- KHAN M A, STERN R J, GRIBBLE R F, et al. Geochemical and isotopic constraints on subduction polarity, magma sources, and palaeogeography of the Kohistan intra-oceanic arc, northern Pakistan Himalaya [J]. *Journal of the Geological Society*, 1997, 154: 935-946.
- KHAN S D, STERN R J, MANTON M I, et al. Age, geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic constraints for mantle source characteristics and petrogenesis of Teru Volcanics, , Northern Kohistan Terrane, Pakistan[J]. *Tectonophysics*, 2004, 393: 263-280.
- RICOU L E. Tethys reconstructed: plates, continental fragments and their boundaries since 260 ma from central America to south-eastern Asia[J]. *Geodinamica Acta*, 1994, 7: 169-218.
- ROLFO F, LOMBARDO B, COMPAGNONI R, et al. Geology and metamorphism of the Ladakh Terrane and Shyok Suture Zone in the Chogo Lungma-Turmik area (northern Pakistan)[J]. *Geodinamica Acta*, 1997, 10: 251-270.
- ROLLAND Y, PÊCHER A, PICARD C. Middle Cretaceous Back-arc formation and Arc evolution along the Asian margin: the Shyok Suture Zone in northern Ladakh (NW Himalaya)[J]. *Tectonophysics*, 2000, 325: 145-173.
- ROLLAND Y, PICARD C, PÊCHER A, et al. The cretaceous Ladakh arc of NW Himalaya-slab melting and melt-mantle interaction during fast northward drift of Indian Plate [J]. *Chemical Geology*, 2002, 182: 139-178.
- ROLLAND Y, VILLA I M, GUILLOT S, et al. Evidence for pre-Cretaceous history and partial Neogene (19-9Ma) reequilibration in the Karakorum (NW Himalayan Syntaxis) from ^{40}Ar - ^{39}Ar amphibole dating[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2006, 27: 371-391.
- SEARLE M P, KHAN M A. Geological Map of North Pakistan and Adjacent Areas of Northern Ladakh and Western Tibet, Scale 1:650,000[M]. Oxford University, Oxford, England, 1996.
- SHARMA K K. Petrochemistry and tectonic environments of Dras, Shyok, Khardung and Chushul volcanics of Indus Suture Zone, Ladakh: a comparative study[J].

Physics and Chemistry of the Earth, 1991,17:137-154.

STACEY J S, KRAMERS J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1975,26:207-221.

SUN S S. Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and islands arcs[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society, 1980, 297:409-455.

TAHIRKHELI R A K, MATTAUER M, PROUST F, et al. The India Eurasia suture zone in Northern Pakistan: synthesis and interpretation of recent data at plate scale [A]. In: Farah A, De Jong K A (eds.), Geodynamics of Pakistan[C]. Quetta, Geological Survey of Pakistan, 1979: 125-130.

TRELOAR P J, REX D C. Cooling and uplift histories of the crystalline thrust stack of the Indian Plate internal zones west of Nanga Parbat, Pakistan Himalaya[J]. Tectonophysics, 1990,180: 323-349.

TU K, FOWLER M G J, CARLSON R W, et al. Sr, Nd, and Pb isotopic compositions of Hainan basalts (South China): implications for a subcontinental lithosphere DUPAL source[J]. Geology, 1991, 19:567-569.

URS SCHÄRER, HAMET J, ALLÈGRE C J. The transhimalaya (Gangdese) plutonism in the Ladakh region: a U-Pb and Ra-Sr study[J]. Earth and Planetary Science Letters,1984,67: 327-339.

WOODHEAD J D. Geochemistry of the maariana arc (Western Pacific): source composition and processes [J]. Chemical Geology, 1989, 76:1-24.

ZARTMAN R E, DOE B R. Plumbotectonics-the model[J]. Tectonophysics, 1981,75(1-2):135-162.



《西北地质》独立网站及在线投稿正式运行

《西北地质》是由国土资源部主管,西安地质矿产研究所与中国地质学会共同主办,科学出版社出版的国内外公开发行的地学类学术期刊。为了进一步扩大《西北地质》在国内外的广泛影响,经过《西北地质》编辑部全体员工的辛勤努力,《西北地质》独立网站及在线投稿于2014年1月1日面向国内外正式运行。《西北地质》独立网站以其清新活泼、美观大方、内容丰富,方便实用为特点。目前,《西北地质》已从2001年起全文上网,欢迎大家在“过刊浏览”栏目中浏览并参阅《西北地质》。

从2014年1月1日起《西北地质》已禁用邮箱投稿,邮箱投稿无效。作者投稿一律请登录《西北地质》网站(www.xbdz.net.cn,或者在百度直接输入“西北地质”字样,点击“欢迎访问西北地质编辑部”即可),按照提示注册并使用网络在线投稿,请注意记录稿件编号。该邮箱现已停止投稿使用,仅用于咨询事项。在线投稿一律由第一作者本人注册投稿,《西北地质》不接受代投稿件。稿件的第一作者应是亲自撰写论文的作者,未执笔亲自撰写论文的作者请排于其后。

投稿时请提前查看征稿简则及“过刊浏览”栏目中已发表的论文格式,以使自己的稿件规范,并在论文末尾请留下您的姓名、电话及详细通信地址,同时在论文末尾推荐两位审稿人(正、副高级职称:姓名、电话、邮箱),并尽量在参考文献中列出《西北地质》2~3条,如果稿件此前已经在线注册投过将不必重新投稿。从在线投稿之日起三个月之内如果没有电话或邮件与您联系,请您自行处理稿件。

编辑部联系方式如下:

邮 编: 710054
地 址: 西安市友谊东路 438 号
单 位: 西安地质矿产研究所《西北地质》编辑部
电 话: 029-87821951
E-mail: xbdzbjb@163.com
网 址: www.xbdz.net.cn