

伊舒地堑基底花岗岩的锆石 U-Pb 年代学及其构造意义

许文良¹, 裴福萍¹, 高福红¹, 杨德彬¹, 卜永吉²

1. 吉林大学地球科学学院, 吉林长春 130061

2. 中国石油吉林油田分公司, 吉林松源 138000

摘要: 为了探讨伊舒地堑与松辽盆地基底的构造演化历史, 对位于伊舒地堑中的 2 个基底花岗岩进行了锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年研究, 并与松辽盆地基底花岗岩进行了对比。研究表明, 伊舒地堑基底花岗岩中的锆石呈自形或半自形, 并具有典型的岩浆生长环带, 个别发育有核边结构, 锆石的 Th/U 比值介于 0.32~2.76, 暗示其岩浆成因。CH11 井花岗岩中锆石 18 个测点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $162\pm 2\text{ Ma}$, X13 井花岗岩中锆石 13 个测点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $159\pm 3\text{ Ma}$, 其核部存在 $176\pm 1\text{ Ma}$ 的谐和年龄。上述结果表明, 伊舒地堑中基底花岗岩形成于中侏罗世晚期或晚侏罗世早期, 它们与松辽盆地基底中最晚期花岗岩的形成时间相同。这暗示伊舒地堑与松辽盆地自燕山期以来具有类似的基底演化历史。 $176\pm 1\text{ Ma}$ 继承锆石的存在也证明了上述认识。

关键词: 伊舒地堑; 基底; 花岗岩; 锆石; LA-ICP-MS U-Pb 定年; 松辽盆地。

中图分类号: P597

文章编号: 1000-2383(2008)02-0145-06

收稿日期: 2007-09-20

Zircon U-Pb Age from Basement Granites in Yishu Graben and Its Tectonic Implications

XU Wen-liang¹, PEI Fu-ping¹, GAO Fu-hong¹, YANG De-bin¹, BU Yong-ji²

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

2. Jilin Oilfield Branch Company of CNPC, Songyuan 138000, China

Abstract: LA-ICP-MS zircon U-Pb dating was carried out for two basement granites from the Yishu graben to compare the tectonic evolutionary history between the Yishu graben and Songliao basin. The results indicate that most of zircons from the basement granites are euhedral to subhedral in shape and show the typical oscillatory zoning with magmatic origin, some of which display the core-rim structure. Their Th/U ratios range from 0.32 to 2.76, implying that they should be from crystallization of magma. The dating results indicate that a weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age is $162\pm 2\text{ Ma}$ for the basement granite from CH11 well (sample No. CH11), and that weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages are $159\pm 3\text{ Ma}$ and $176\pm 1\text{ Ma}$ for rims and cores of zircons from the granite in X13 well (sample No. X13), respectively. It is suggested that the basement granites were formed in late stage of the Middle Jurassic or the beginning of the Late Jurassic, which is consistent with ones of the latest basement granites from the Songliao basin. Therefore, it is proposed that the Yishu graben displays similar evolutionary history with the Songliao basin since the Yanshannian movement, which is also proved by the occurrence of the inherited zircons with age of $176\pm 1\text{ Ma}$.

Key words: Yishu graben; basement; granite; zircon; LA-ICP-MS U-Pb dating; Songliao basin.

0 引言

伊舒地堑作为中国东部中生代大陆边缘一条重要的断裂,其形成、发展及成因一直是人们研究的热点问题之一(孙万军等, 2004; 刘万崧等, 2005)。近年来,伊舒地堑区油气勘探取得的突破,使得它与松辽盆地之间成因关系的研究显得更为重要。松辽盆地是否存在东部边缘(张岳桥等, 2004)、伊舒地堑与松辽盆地东部边缘有无联系(王永春, 2001)、二者是否具有相同的演化历史?直到目前这些问题仍然没有得到满意的回答。本文对伊舒地堑区 2 个钻遇基底花岗岩中的锆石进行了 LA-ICP-MS U-Pb 定年研究,并与松辽盆地基底花岗岩研究的最新成果进行了对比,从基底形成时间角度讨论了伊舒地堑与松辽盆地之间的关系。

1 地质概况与样品描述

伊舒地堑位于松辽盆地的东南、佳伊断裂的南段,属于第三系断陷盆地。第三系厚 2 000~3 000 m,主要岩石类型为砂砾岩、砂岩和灰黑色、灰绿色泥岩,角度不整合于基底之上。个别地段的钻孔钻遇了白垩纪地层,岩性主要为红色砂砾岩。第三系或白垩系不整合在基底岩石之上。基底的主要岩石类型以海西和燕山期花岗岩为主,还有少量的古生代变质岩(片岩、片理化大理岩)和中生代火山岩(流纹质火山角砾岩、凝灰岩、火山角砾凝灰岩)。本文研究的 2 个基底花岗岩样品采自伊通地堑莫里青—鹿乡断陷五星构造带上,具体采样位置见图 1 和图 2。

在星 13 井和昌 11 井的基底中取得了花岗岩的岩心样品,从标本上观察,岩石呈碎裂结构,其岩相学特征如下:

星 13 井(样品 X13): 钾长花岗岩,中粒花岗结构,块状构造,主要矿物为石英、钾长石、少量的斜长石和黑云母。钾长石成分为正长石和条纹长石,正长石表面具高岭土化,见有卡式双晶,条纹长石呈树枝状和细条纹状;斜长石可见聚片双晶。石英含量约 30%,钾长石 59%(正长石 44%,条纹长石 15%),斜长石含量 10%,黑云母占 1%。副矿物为锆石和少量不透明矿物。岩石具碳酸盐化。

昌 11 井(样品 CH11): 二长花岗岩,细粒花岗结构,块状构造,岩石具明显的碎裂结构。主要矿物

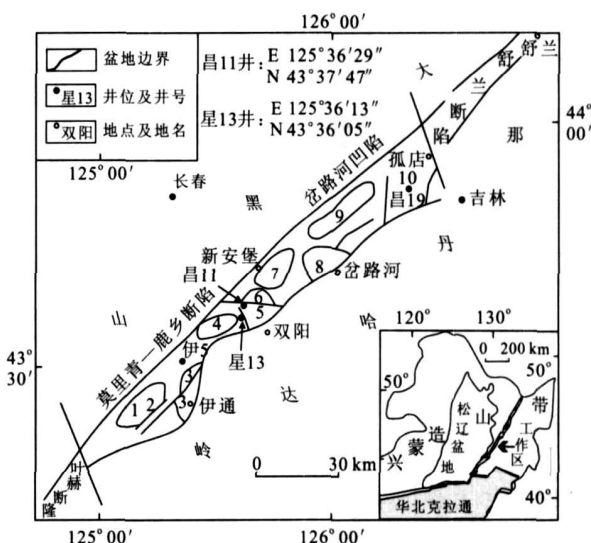


图 1 伊舒地堑构造单元划分和基底花岗岩定年样品分布
Fig. 1 Sketch geological map showing tectonic units and sampling locations for the Yishu graben

1. 靠山屯凹陷; 2. 马鞍山断阶带; 3. 尖山隆起带; 4. 大南凹陷; 5. 五星构造带; 6. 梁家构造带; 7. 新安堡凹陷; 8. 万昌构造带; 9. 波泥河—大平凹陷; 10. 孤店斜坡带

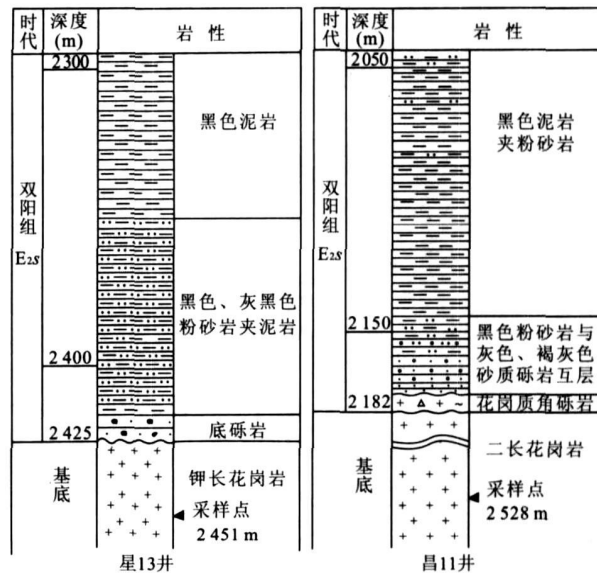


图 2 星 13 井和昌 11 井岩性柱状图和采样位置

Fig. 2 Column diagram of X13 and Ch11 wells showing lithology and sampling position

为石英、钾长石和斜长石。石英颗粒之间呈镶嵌状,具波状消光,显示碎裂结构的特征,钾长石的成分为微斜长石和条纹长石,以微斜长石为主;斜长石具明显的聚片双晶。石英含量约 40%,斜长石 30%,钾长石 27%。岩石中见绢云母化、碳酸盐化蚀变,沿裂隙的绢云母化蚀变相对更强一些。此外,副矿物为锆

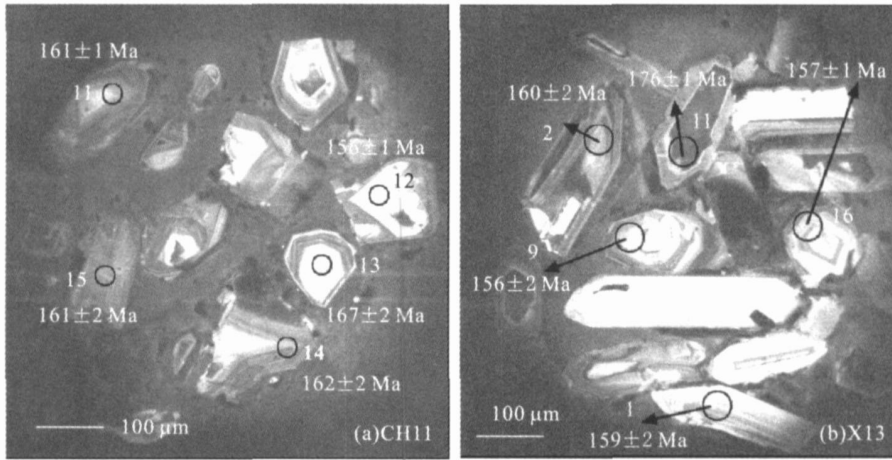


图 3 伊舒地堑区基底花岗岩中部分锆石阴极发光图像

Fig. 3 Cathodoluminescence (CL) images of selected zircons from the basement granites in the Yishu graben

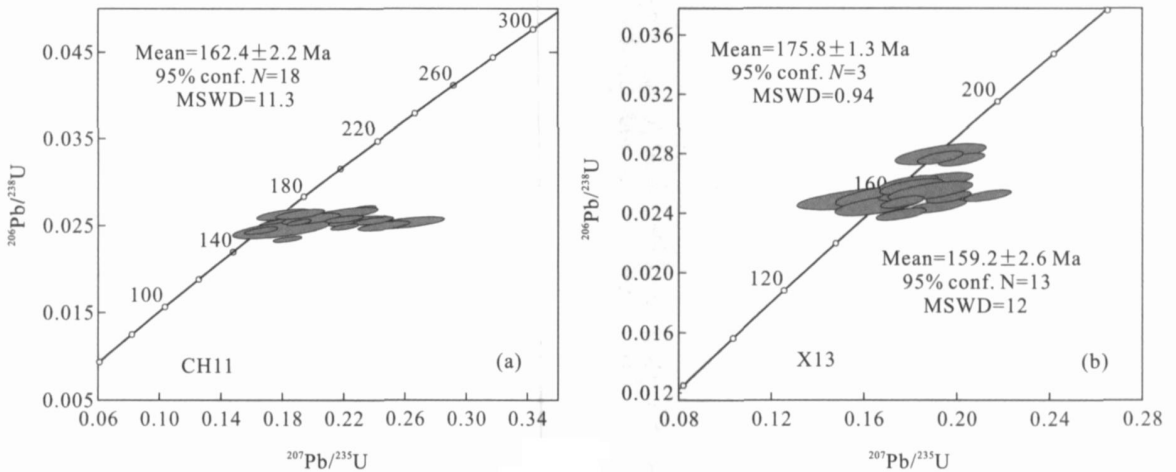


图 4 伊舒地堑区基底花岗岩中锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 4 U-Pb concordia plots for zircons from the basement granites in the Yishu graben

石、磷灰石和绿帘石。

2 分析方法

样品破碎和锆石挑选由河北省廊坊区域地质调查研究院地质实验室完成. 锆石的阴极发光(CL)图像照射在中国科学院地质与地球物理研究所电子探针室完成(图3). 通过对反射光、透射光和阴极发光图像分析, 选择测点位置, 然后采用激光剥蚀等离子体分析技术(LA-ICP-MS)对锆石进行微区原位单点 U-Pb 同位素定年. 应用标准锆石 91500 进行分馏校正. 锆石 U-Pb 同位素分析在西北大学大陆动力学重点实验室的 LA-ICP-MS 仪器上用标准测定程序进行. 详细的实验原理和流程见参考文献

(Yuan *et al.*, 2004). 利用本方法对标准锆石 TE-MORA 1 作为未知样品, 测定获得的年龄为 415 ± 4 Ma (MSWD=0.112, $n=24$) (Yuan *et al.*, 2004), 该锆石的 ID-TIMS 年龄为 416.75 ± 0.24 Ma (Black *et al.*, 2003). 激光束的束斑为 $30 \mu\text{m}$. 实验获得的数据采用 Andersen (2002) 的方法进行同位素比值的校正, 以扣除普通 Pb 的影响 (Andersen, 2002). 同位素比值和年龄误差为 1σ (图 4).

3 分析结果

伊舒地堑区 2 个基底花岗岩中部分锆石的阴极发光(CL)图像见图 3, U-Pb 谐和图见图 4, 分析数据见表 1.

表1 伊舒地堑区基底花岗岩中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 分析结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating data from the basement granites in the Yishu graben

分析点	Th (10 ⁻⁶)	U (10 ⁻⁶)	Th/U 比值	同位素比值						年龄(Ma)									
				207Pb/235U		206Pb/238U		208Pb/232Th		207Pb/235U		206Pb/238U		208Pb/232Th					
				比值	误差(1σ)	比值	误差(1σ)	比值	误差(1σ)	比值	误差(1σ)	比值	误差(1σ)	比值	误差(1σ)				
昌11井																			
CH11-01	1561	1586	0.98	0.05574	0.00114	0.19939	0.00359	0.02593	0.00015	0.00611	0.00006	442	30	185	3	165	0.9	123	1
CH11-02	1878	1277	1.47	0.07497	0.00297	0.26141	0.00979	0.02528	0.00029	0.00732	0.00012	1068	57	236	8	161	2	147	2
CH11-03	247	618	0.40	0.04991	0.00208	0.18066	0.00720	0.02625	0.00027	0.00798	0.00021	191	74	169	6	167	2	161	4
CH11-04	366	471	0.78	0.05214	0.00220	0.18201	0.00734	0.02531	0.00026	0.00748	0.00015	292	73	170	6	161	2	151	3
CH11-05	370	188	1.96	0.05157	0.00338	0.17281	0.01119	0.02431	0.00025	0.00764	0.00004	266	152	162	10	155	2	154	0.9
CH11-06	555	617	0.90	0.06239	0.00120	0.23119	0.00382	0.02687	0.00016	0.00766	0.00007	688	25	211	3	171	1	154	1
CH11-07	221	248	0.89	0.05416	0.00318	0.19532	0.01128	0.02618	0.00028	0.00818	0.00006	378	136	181	10	167	2	165	1
CH11-08	197	149	1.32	0.05289	0.00391	0.17884	0.01283	0.02453	0.00043	0.00780	0.00020	324	131	167	11	156	3	165	4
CH11-09	370	254	1.45	0.05581	0.00228	0.19827	0.00770	0.02577	0.00027	0.00893	0.00012	445	68	184	7	164	2	180	2
CH11-10	244	522	0.47	0.05007	0.00219	0.18073	0.00774	0.02618	0.00024	0.00826	0.00005	198	103	169	7	167	2	166	1
CH11-11	1269	744	1.71	0.05447	0.00105	0.19044	0.00317	0.02536	0.00014	0.00835	0.00005	391	27	177	3	161	0.9	168	1
CH11-12	990	613	1.61	0.04922	0.00143	0.16571	0.00446	0.02442	0.00018	0.00778	0.00007	158	49	156	4	156	1	157	1
CH11-13	685	351	1.95	0.05439	0.00476	0.19667	0.01700	0.02623	0.00035	0.00819	0.00006	387	200	182	14	167	2	165	1
CH11-14	261	257	1.02	0.06524	0.00242	0.22943	0.00804	0.02551	0.00025	0.00564	0.00011	782	57	210	7	162	2	114	2
CH11-15	983	946	1.04	0.07617	0.00375	0.26633	0.01278	0.02536	0.00027	0.00762	0.00006	1100	101	240	10	161	2	153	1
CH11-16	900	1516	0.59	0.06506	0.00204	0.22811	0.00693	0.02543	0.00020	0.00778	0.00005	776	67	209	6	162	1	157	0.9
CH11-17	586	605	0.97	0.05789	0.00215	0.20437	0.00745	0.02560	0.00019	0.00794	0.00004	526	84	189	6	163	1	160	0.8
CH11-18	970	988	0.98	0.06434	0.00125	0.22028	0.00369	0.02484	0.00015	0.00629	0.00006	753	25	202	3	158	0.9	127	1
屋13井																			
X13-01	345	151	2.28	0.04739	0.00392	0.16341	0.01334	0.02501	0.00033	0.00795	0.00008	69	185	154	12	159	2	160	2
X13-02	839	304	2.76	0.04891	0.00272	0.16973	0.00911	0.02517	0.00032	0.00784	0.00010	144	99	159	8	160	2	158	2
X13-03	461	200	2.32	0.05001	0.00217	0.19277	0.00799	0.02795	0.00029	0.00867	0.00010	195	77	179	7	178	2	174	2
X13-04	667	754	0.88	0.05686	0.00163	0.19161	0.00507	0.02444	0.00019	0.00498	0.00007	486	45	178	4	156	1	100	1
X13-05	903	2545	0.35	0.05328	0.00145	0.17574	0.00404	0.02392	0.00017	0.00667	0.00012	341	44	164	4	152	1	134	2
X13-06	326	1006	0.32	0.05307	0.00120	0.20189	0.00407	0.02759	0.00018	0.00881	0.00013	332	34	187	3	175	1	177	3
X13-07	608	282	2.15	0.05302	0.00190	0.19094	0.00649	0.02612	0.00024	0.00825	0.00008	330	60	177	6	166	2	166	2
X13-08	768	1052	0.73	0.05684	0.00127	0.19630	0.00392	0.02505	0.00016	0.00539	0.00007	485	33	182	3	159	1	109	1
X13-09	319	614	0.52	0.04916	0.00235	0.16599	0.00765	0.02449	0.00028	0.00794	0.00020	155	85	156	7	156	2	160	4
X13-10	222	158	1.40	0.04605	0.00663	0.15108	0.02140	0.02380	0.00061	0.00772	0.00030			143	19	152	4	156	6
X13-11	668	1462	0.46	0.05039	0.00116	0.19266	0.00402	0.02773	0.00018	0.00828	0.00011	213	36	179	3	176	1	167	2
X13-12	607	786	0.77	0.05024	0.00106	0.17435	0.00329	0.02517	0.00015	0.00705	0.00007	206	33	163	3	160	0.9	151	1
X13-13	573	718	0.80	0.05001	0.00154	0.17916	0.00518	0.02599	0.00021	0.00761	0.00011	195	52	167	4	165	1	153	2
X13-14	790	803	0.98	0.05070	0.00168	0.18011	0.00562	0.02577	0.00022	0.00583	0.00009	227	56	168	5	164	1	117	2
X13-15	321	410	0.78	0.05367	0.00222	0.18838	0.00745	0.02545	0.00027	0.00675	0.00014	357	70	175	6	162	2	136	3
X13-16	707	1398	0.51	0.05177	0.00125	0.17638	0.00387	0.02471	0.00017	0.00650	0.00009	275	38	165	3	157	1	131	2

样品 CH11 锆石 CL 图像显示(图 3a), 锆石呈自形一半自形, 发育典型的岩浆生长环带. 锆石的 Th/U 比值介于 0.40~1.95 之间(表 1). 18 个测点的年龄介于 155~171 Ma 之间, 其加权平均年龄为 162±2 Ma, 代表了花岗岩的形成时代.

样品 X13 花岗岩中的锆石呈长柱状自形一半自形, 均发育有典型的岩浆生长环带, 部分锆石具有核边结构(图 3b), 其 Th/U 比值介于 0.32~2.76 之间(表 1). 锆石边部 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值介于 152~166 Ma 之间(表 1), 13 个测点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 159±3 Ma. 此外, 位于核部 3 个测点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 176±1 Ma. 前者代表了花岗岩的形成时代, 后者反映了继承锆石的形成时代.

4 年代学的地质意义

松辽盆地是否存在东部边缘, 这一直是国内地质学家们争论的问题, 造成这一问题存在的主要原因是该区受中生代晚期和新生代构造的改造比较强烈, 同时缺乏对东部中生代盆地系统的沉积学和沉积环境分析以及盆地基底岩石年代学和区域构造演化历史的研究. 本文对伊舒地堑基底花岗岩的年代学研究对此提供了一定的制约.

首先, 伊舒地堑基底花岗岩中存在有 176 Ma 年龄的继承锆石, 它们所具有的较高的 Th/U 比值暗示该期岩浆作用的存在, 这与松辽盆地基底花岗岩中早侏罗世晚期(178 Ma)捕获锆石或继承锆石的存在相一致(高福红等, 2007). 这表明松辽盆地基底和东部伊舒地堑基底共同经历了该期岩浆热事件, 意味着它们可能具有相似的演化历史. 这期岩浆事件在大兴安岭地区(葛文春等, 2005)、张广才岭地区以及华北克拉通的北缘均有发现(孙德有, 2001).

其次, 从伊舒地堑 2 个基底花岗岩锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 定年结果可以看出, 它们形成于中生代中侏罗世晚期或晚侏罗世早期, 这与松辽盆地基底中最晚一期花岗岩的形成时间(Wu *et al.*, 2000; 高福红等, 2007)(峰期为 164 Ma)相吻合, 同时, 该期岩浆事件在张广才岭、华北克拉通东部以及延边地区也是广泛存在的(Zhang *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2005). 由此可见, 中侏罗世(164 Ma)岩浆事件在东北地区是广泛存在的, 它们构成了松辽盆地和

东部伊舒地堑基底形成的最后一次构造岩浆热事件. 就此而言, 松辽盆地和东部伊舒地堑自燕山期以来应具有相似的演化历史.

衷心感谢河北省廊坊地调院实验室李林庆主任在样品分离和挑选过程中给予的帮助, 同时感谢西北大学大陆动力学重点实验室在锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年分析中给予的支持.

References

- Andersen, T., 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb . *Chemical Geology*, 192: 59–79.
- Black, L. P., Kamo, S. L., Allen, C. M., et al., 2003. TEMORA 1: A new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology. *Chemical Geology*, 200: 155–170.
- Gao, F. H., Xu, W. L., Yang, D. B., et al., 2007. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating from granitoids in southern basement of Songliao basin: Constraints on ages of the basin basement. *Science in China (Series D)*, 50(7): 995–1004 (in Chinese).
- Ge, W. C., Wu, F. Y., Zhou, C. Y., et al., 2005. Zircon U-Pb ages and its significance of the Mesozoic granites in the Wulanhao region, central Da Hinggan Mountains. *Acta Petrologica Sinica*, 21(3): 749–762 (in Chinese with English abstract).
- Liu, W. S., Zhou, Y. X., Lu, Y., et al., 2005. A Study on the characteristics of the western margin faults of Moliqing fault depression in Yishu garben on potential field information. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 35(Suppl.): 42–46 (in Chinese with English abstract).
- Sun, D. Y., 2001. Petrogenesis and geodynamic significance of Mesozoic granites in Zhangguangcai Ranges [Dissertation]. Jilin University, Changchun, 1–96 (in Chinese with English abstract).
- Sun, W. J., Liu, B. Z., Li, B. C., et al., 2004. Fault system and tectonic style of the Yitong graben. *Geoscience*, 18(4): 505–510 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y. C., 2001. Gas- and oil-bearing series in Yishu graben and petroleum-gas formation. Petroleum Industry Press, Beijing, 1–213 (in Chinese).
- Wu, F. Y., Sun, D. Y., Li, H. M., et al., 2000. Zircon U-Pb ages of the basement rocks beneath the Songliao basin, NE China. *Chinese Science Bulletin*, 45: 1514–1518.
- Wu, F. Y., Yang, J. H., Wilde, S. A., et al., 2005. Geochronology, petrogenesis and tectonic implications of Juras-

sic granites in the Liaodong Peninsula, NE China. *Chemical Geology*, 221: 127–156.

Yuan, H. L., Gao, S., Liu, X. M., et al., 2004. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Geosand. Newsl.*, 28: 353–370.

Zhang, Y. B., Wu, F. Y., Wilde, S. A., et al., 2004. Zircon U-Pb ages and tectonic implications of 'Early Paleozoic' granitoids at Yanbian, Jilin Province, northeast China. *The Island Arc*, 13: 484–505.

Zhang, Y. Q., Zhao, Y., Dong, S. W., et al., 2004. Tectonic evolution stages of the Early Cretaceous rift basins in eastern China and adjacent areas and their geodynamic background. *Earth Science Frontiers*, 11(3): 123–132 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

高福红, 许文良, 杨德彬, 等, 2007. 松辽盆地南部基底花岗岩质岩石锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年: 对盆地基底形成时代的制约. *中国科学(D 辑)*, 50(7): 995–1004.

葛文春, 吴福元, 周长勇, 等, 2005. 大兴安岭中部乌兰浩特地区中生代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及地质意义. *岩石学报*, 21(3): 749–762.

刘万崧, 周云轩, 卢炎, 等, 2005. 基于位场信息的伊舒地堑莫里青断陷西北缘断裂性质. *吉林大学学报(地球科学版)*, 35(专辑): 42–46.

孙德有, 2001. 张广才岭中生代花岗岩成因及其地球动力学意义(博士学位论文). 长春: 吉林大学, 1–96.

孙万军, 刘宝柱, 李本才, 等, 2004. 伊通地堑断层系统与构造样式. *现代地质*, 18(4): 505–510.

王永春, 2001. 伊通地堑含油气系统与油气成藏. 北京: 石油工业出版社, 1–213.

张岳桥, 赵越, 董树文, 等, 2004. 中国东部及邻区早白垩世裂陷盆地构造演化阶段. *地学前缘*, 11(3): 123–132.