

松辽盆地庆深气田储层火山岩锆石地质年代学研究

舒萍^{1,2}, 丁日新², 纪学雁², 曲延明²

(1. 西南石油大学石油工程学院, 四川成都 610500; 2. 大庆油田勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163712)

摘要:庆深气田储层火山岩由多期火山喷发叠置形成, 分布于白垩系下统营城组, 以酸性喷发岩为主。火山岩离子探针(SHRIMP)U-Pb 锆石年龄测定结果表明, 储层火山岩年龄集中在 111~115 Ma, 介于早白垩世晚期阿普第阶(Aptian)和阿尔布阶(Albian)分界线附近。兴城与升平两个天然气产区储层火山岩测年结果对比表明, 它们是同一时代火山作用产物, 并非以前所认为的兴城地区火山岩属营城组一段, 升平地区火山岩属营城组三段。该成果对于松辽盆地火山岩气藏的勘探开发具有重要的实际意义。

关键词:松辽盆地; 庆深气田; 火山岩储层; 锆石; SHRIMP

中图分类号: P597+.3; P588.14+1

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2007)03-0239-08

SHRIMP zircon geochronology of reservoir volcanic rocks in the Qingshen gas field, Songliao Basin

SHU Ping^{1,2}, DING Ri-xin², JI Xue-yan² and QU Yan-ming²

(1. Petroleum Engineering Institute, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 2. Daqing Exploration & Development Institute, Daqing 163712, China)

Abstract: The reservoir volcanic rocks of Early Cretaceous Yingcheng Formation in the Qingshen gas field of Songliao Basin are composed mainly of rhyolites. SHRIMP zircon U-Pb ages of nine volcanic rock samples from Xingcheng and Shengping range from 111Ma to 115 Ma, falling into the Early Cretaceous Aptian to Albian stage. The volcanic eruption ages of the two regions suggest that all the reservoir volcanics were formed at the same period of volcanism, and this understanding is quite different from the previous opinions on these rocks. In the past, the volcanic rocks were thought to have different ages, and the volcanic reservoir rocks of Shengping were believed to be younger (K_1yc^3) than those from Xingcheng (K_1yc^1). It seems that these opinions should be modified according to the authors' results. The results achieved in this paper is of great significance in exploring and exploiting volcanic gas pools within the Songliao Basin.

Key words: Songliao Basin; Qingshen gas field; volcanic reservoir; zircon; SHRIMP

庆深气田位于黑龙江省大庆市与安达市境内, 南北长约 45 km, 东西宽约 10 km, 区域构造上处于松辽盆地北部深层徐家围子断陷区中部, 从南向北由兴城、昌德、升平、汪家屯 4 个产气区块构成, 目前已探明近千亿立方米的天然气地质储量, 其中火山

岩储层储量占 89.8%, 成为大庆天然气开发的主要对象。火山岩储层分布在白垩系下统的营城组一段和三段地层中, 以酸性喷发岩为主, 本区缺失营二段。以松辽盆地周边的火山岩剖面露头 and 钻井岩心的系统观测为基础, 对露头 and 岩心、岩屑进行采样、

收稿日期: 2006-02-10; 修订日期: 2007-03-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40372066); 高等学校博士学科点专项科研基金(20030183042)

作者简介: 舒萍(1965-), 女, 工程师, 主要从事火山岩气藏开发地质研究。

岩矿鉴定和火山岩地球化学研究。依据结构和构造特征、物质来源、成岩方式及储集空间类型,将火山岩系统划分出 5 个火山岩岩相(火山通道相、爆发相、喷溢相、侵入相、火山-沉积岩相)和 15 个亚相。结合试气、试采资料和储集性能分析表明,有利储层主要为喷溢相上、下部亚相的气孔流纹岩、爆发相中热碎屑流亚相的晶屑凝灰岩、火山通道相中的隐爆角砾岩亚相的角砾岩、火山通道相中火山颈亚相的熔结角砾凝灰岩。作为本区火山岩储层主体的营城组火山凝灰岩和火山流纹岩,其年代学研究是断陷地层划分对比和储层预测的基础,成为近十几年大庆深层研究重点之一(王璞珺等,1995;刘启等,2005;Wang Pujun *et al.*,2002)。地质开发要求储层精细对比,包括详细划分对比储层火山岩的喷发期次和喷发旋回。本文在已有年代地层研究基础上,针对火山岩储层对比开展了高精度的 SHRIMP 锆石测年研究。

1 样品来源及锆石选取

所测定的火山岩样品来自庆深气田的兴城区块和升平区块,岩性主要有安山岩、英安岩、流纹岩、熔结凝灰岩、霏细岩等,分布位置和井深见图 1。

首先将岩石样品粉碎成 60 目左右,通过淘洗和使用重液等物理方法分离锆石,然后在双目镜下精选。所挑选锆石的粒度通常在 $50\sim 200\mu\text{m}$ 之间,少数锆石的粒度大于 $200\mu\text{m}$ 。所选锆石数目及井位见图 1。所有锆石的阴极发光图像均显示清楚的岩浆环带(图 2)。锆石晶形及其岩浆环带构造表明,所测定的锆石为岩浆成因。

2 测定方法

火山岩锆石同位素年龄分析在澳大利亚西澳科廷大学离子探针中心进行,分析原理和流程参见 Compston 等(1992)、Williams 等(1998)。测定时仪器质量分辨率约为 5 000(1%峰高),一次离子流 O_2^- 强度为 5nA,束斑直径为 $25\sim 30\mu\text{m}$ 。样品点清洗时间为 150 s。标样为 CZ3 宝石级锆石, U 含量为 551×10^{-6} ,年龄为 526.1 Ma,用于样品 U 含量标定和样品年龄标定。用实测 ^{207}Pb 做年龄校正。数据处理采用 SQUID1.0 和 ISOPLOT 程序(Ludwig, 1980,1995)。

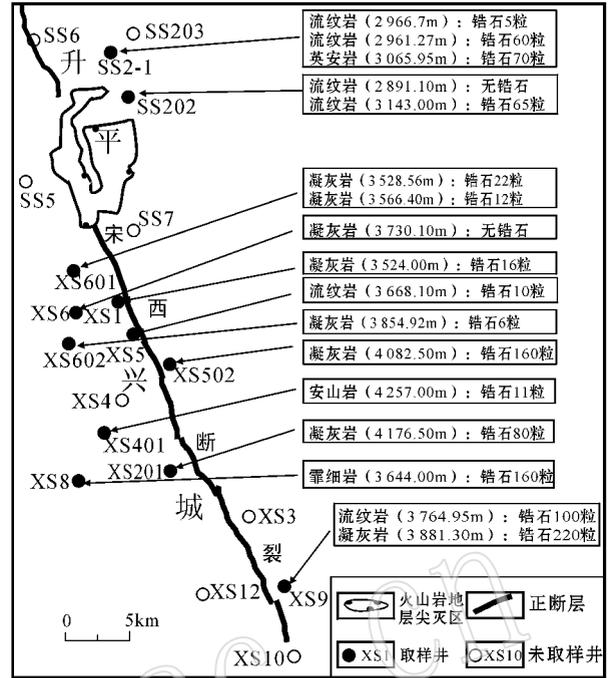


图 1 庆深气田地质略图

Fig.1 Geological sketch map of the Qingshen gas field

3 锆石特征和测年结果

本次实验对庆深气田选取的 9 个锆石样品(另外 3 个样品由于锆石数目太少未做测试)共 105 个点进行了测试。火山岩锆石 SHRIMP U-Th-Pb 同位素和 ^{207}Pb 校正后的年龄分析结果见表 1,分析结果如下。

3.1 SS2-1-10 样品

锆石无色、透明,为柱状自形晶,晶体长度为 $80\sim 150\mu\text{m}$,长宽比为 $2:1\sim 4:1$,具有明显的生长环带结构。阴极发光图像中具明显岩浆环带(图 2d)。15 个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.1, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围为 $109.2\pm 1.8\sim 115.1\pm 1.6\text{Ma}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $112.8\pm 0.9\text{Ma}$ (MSWD = 0.69)(表 1、图 3a)。

3.2 SS2-1-14 样品

锆石无色、透明,晶形比较差,较破碎,个别锆石具有明显的生长环带结构,阴极发光图像中具明显岩浆环带。8 个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.7, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围为 $111.8\pm 1.5\sim 114.7\pm 1.2\text{Ma}$ (表 1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $113.0\pm 0.8\text{Ma}$ (MSWD = 1.44)(图 3b)。

3.3 SS202-4 样品

锆石无色、透明,为柱状自形晶,晶体长度为 $50\sim$

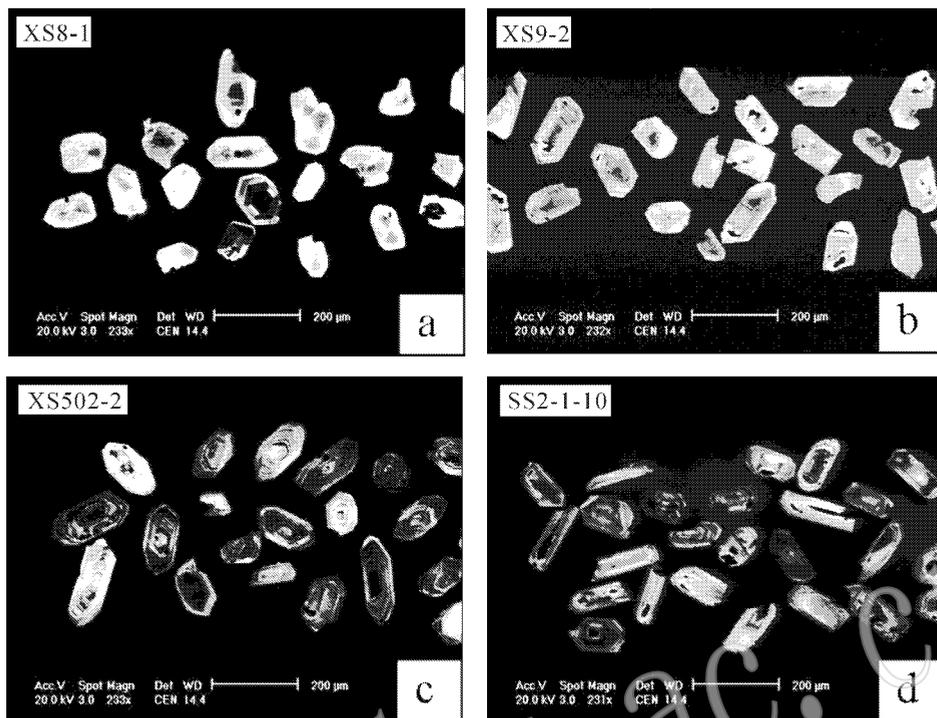


图 2 锆石阴极发光照片

Fig. 2 CL images of zircons

150 μm , 长宽比为 2:1~4:1, 具有明显的生长环带结构, 阴极发光图像中具明显岩浆环带。13 个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.6, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围为 $110.0 \pm 1.8 \sim 116.0 \pm 1.3 \text{ Ma}$ (表 1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $112.0 \pm 0.9 \text{ Ma}$ (MSWD = 1.14) (图 3c)。

3.4 XS601-4 样品

锆石无色、透明, 为柱状自形晶, 晶体长度为 80~200 μm , 长宽比为 2:1~4:1, 具有明显的生长环带结构, 阴极发光图像中具明显岩浆环带。10 个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.33, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围为 $110.1 \pm 0.7 \sim 123.6 \pm 0.2 \text{ Ma}$ (表 1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $111.8 \pm 1.9 \text{ Ma}$ (MSWD = 6.1) (图 3d)。

3.5 XS8-1 样品

锆石无色、透明, 为短柱状自形晶, 晶体长度为 30~100 μm , 长宽比为 1:1~3:1, 具有明显的生长环带结构。阴极发光图像中具明显岩浆环带(图 2a)。13 个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.52, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围为 $109.0 \pm 1.5 \sim 112.6 \pm 1.5 \text{ Ma}$ (表 1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $111.1 \pm 0.9 \text{ Ma}$ (MSWD = 0.95) (图 3e)。

3.6 XS9-5 样品

锆石无色、透明, 为长柱状自形晶, 晶体长度为 100~250 μm , 长宽比为 2:1~4:1。具有明显的生长环带结构, 阴极发光图像中具明显岩浆环带。13 个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.38, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围为 $109.9 \pm 1.5 \sim 116.4 \pm 1.2 \text{ Ma}$ (表 1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $112.7 \pm 1.6 \text{ Ma}$ (MSWD = 2.5) (图 3f)。

3.7 XS201-1 样品

锆石无色、透明, 为柱状自形晶, 晶体长度为 50~100 μm , 长宽比为 1.5:1~4:1, 具有明显的生长环带结构, 阴极发光图像中具明显岩浆环带。12 个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.43, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围为 $108.4 \pm 1.5 \sim 114.8 \pm 1.2 \text{ Ma}$ (表 1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $111.3 \pm 1.2 \text{ Ma}$ (MSWD = 2.21) (图 3g)。

3.8 XS502-2 样品

锆石无色、透明, 为柱状自形晶, 晶体长度为 50~200 μm , 长宽比为 1.5:1~4:1。具有明显的生长环带结构。阴极发光图像中具明显岩浆环带(图 2c)。11 个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.48, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围为 $113.1 \pm 1.6 \sim 121.2 \pm$

表1 火山岩锆石 SHRIMP U-Th-Pb 同位素和²⁰⁷Pb校正后的年龄分析结果
Table 1 SHRIMP U-Th-Pb isotope dating result of zircon in volcanics and that corrected by ²⁰⁷Pb

样品号	序号	U Th ²⁰⁶ Pb			²³² Th/ ²³⁸ U	同位素比值						年龄/Ma	
		$w_{\text{Pb}}/10^{-6}$				²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ
SS2-1-10	1	17	19	0.3	1.16	0.087	1.0	0.16	18.4	0.063 4	18.1	112.8	4.1
	2	148	134	2.3	0.93	0.018	3.4	0.13	5.8	0.052 4	5.6	113.5	1.7
	3	433	300	6.6	0.72	0.018	1.4	0.11	4.1	0.044 5	4.0	113.2	1.3
	4	144	105	2.2	0.75	0.018	1.1	0.11	7.8	0.045 2	7.6	112.1	1.7
	5	84	38	1.3	0.47	0.018	1.5	0.11	8.9	0.044 3	8.7	112.6	2.0
	6	162	244	2.5	1.56	0.018	1.7	0.12	5.9	0.048 2	5.7	115.1	1.6
	7	110	81	1.7	0.77	0.018	1.4	0.12	9.6	0.051 7	9.5	109.2	1.8
	8	98	157	1.5	1.66	0.018	1.6	0.14	7.2	0.056 7	7.0	111.0	1.9
	9	374	424	5.8	1.17	0.017	1.7	0.11	4.2	0.044 9	4.0	114.6	1.3
	10	246	515	3.8	2.16	0.018	1.1	0.13	4.7	0.050 8	4.5	113.9	1.4
	11	394	628	5.9	1.65	0.018	1.2	0.12	3.7	0.051 4	3.6	110.7	1.3
	12	92	86	1.4	0.96	0.017	1.1	0.11	8.6	0.046 5	8.4	109.8	2.0
	13	203	138	3.1	0.70	0.017	1.7	0.11	5.9	0.045 8	5.7	113.7	1.5
	14	373	330	5.6	0.91	0.018	1.3	0.12	4.3	0.0490	4.1	111.1	1.3
	15	196	237	3.0	1.25	0.017	1.1	0.14	4.8	0.058 7	4.6	112.0	1.5
SS2-1-14	1	563	979	8.6	1.80	0.018	1.4	0.12	3.4	0.049 8	3.2	113.4	1.2
	2	1 300	1 145	19.9	0.91	0.018	1.1	0.13	2.1	0.052 0	1.9	113.7	1.1
	3	1 142	1 127	17.2	1.02	0.018	1.0	0.11	2.5	0.047 3	2.3	112.3	1.1
	4	1 061	1 300	15.9	1.27	0.018	1.0	0.11	2.7	0.047 4	2.5	111.3	1.1
	5	954	860	14.5	0.93	0.017	1.0	0.12	2.8	0.047 4	2.6	113.3	1.1
	6	876	868	13.6	1.02	0.018	1.0	0.14	2.6	0.055 0	2.4	114.7	1.2
	7	379	257	5.8	0.70	0.018	1.0	0.12	4.2	0.050 6	4.0	114.2	1.3
	8	298	270	4.5	0.94	0.018	1.1	0.11	5.4	0.046 1	5.2	111.8	1.5
SS202-4	1	116	144	1.7	1.29	0.018	1.0	0.14	7.0	0.057 3	6.8	110.0	1.8
	2	168	122	2.7	0.75	0.017	1.6	0.13	6.6	0.050 6	6.4	114.7	1.8
	3	471	739	7.4	1.62	0.018	1.5	0.11	3.9	0.045 3	3.7	116.0	1.3
	4	118	90	1.8	0.79	0.018	1.1	0.13	8.2	0.051 9	8.1	112.8	1.8
	5	211	165	3.3	0.81	0.018	1.5	0.13	6.6	0.052 4	6.4	111.2	1.5
	6	104	60	1.6	0.60	0.019	1.2	0.12	7.9	0.050 7	7.7	111.0	1.8
	7	1 018	1 404	15.5	1.43	0.018	1.6	0.11	2.7	0.044 3	2.5	113.4	1.1
	8	226	229	3.3	1.05	0.018	1.0	0.12	4.9	0.050 2	4.7	110.1	1.4
	9	296	256	4.5	0.89	0.017	1.3	0.11	5.1	0.044 8	4.9	113.3	1.4
	10	142	100	2.4	0.73	0.018	1.2	/	/	/	/	112.0	1.8
	11	421	419	6.3	1.03	0.019	1.4	0.10	5.9	0.042 1	5.8	111.9	1.3
	12	873	909	13	1.08	0.017	1.1	0.12	2.8	0.049 1	2.7	111.0	1.1
	13	143	105	2.2	0.76	0.017	1	0.12	7.5	0.048 6	7.3	110.6	1.7
XS601-4	1	522	274	8.6	0.54	0.019 1	0.5	0.13	0	0.048 9	3.3	122.3	0.8
	2	442	562	8.0	1.31	0.019 0	1.1	0.12	16.7	0.045 3	13.7	121.6	1.2
	3	258	83	3.9	0.33	0.017 5	1.1	0.11	9.1	0.046 1	5.0	111.5	1.0
	4	4 915	2 936	82.1	0.62	0.019 4	0	0.13	0	0.049 7	1.0	123.6	0.2
	5	370	155	5.5	0.43	0.017 2	0.6	0.12	0	0.050 3	4.0	109.8	0.8
	6	102	48	1.6	0.49	0.017 7	1.7	0.12	8.3	0.050 3	9.7	112.8	1.7
	7	238	113	3.8	0.49	0.018 4	1.1	0.11	9.1	0.045 1	5.3	117.3	1.3
	8	1 158	1 078	17.7	0.96	0.017 7	0.6	0.12	0	0.050 6	2.0	113.4	0.5
	9	481	222	7.1	0.48	0.017 2	0.6	0.11	0	0.048 1	3.3	110.1	0.7
	10	565	262	8.5	0.48	0.017 5	0.6	0.11	0	0.047 3	3.4	111.7	0.7
XS8-1	1	241	167	3.5	0.72	0.017	1.4	0.10	10.0	0.044 2	5.9	109.0	1.5
	2	260	190	3.9	0.76	0.018	1.3	0.13	7.7	0.053 3	4.5	112.6	1.5
	3	336	230	5.1	0.71	0.018	1.3	0.12	8.3	0.049 6	4.0	112.4	1.4
	4	283	222	4.3	0.81	0.018	1.3	0.10	10.0	0.042 5	5.2	112.4	1.5
	5	616	589	9.2	0.99	0.017	1.2	0.11	0	0.046 5	3.2	110.5	1.3
	6	224	146	3.3	0.67	0.017	1.4	0.11	9.1	0.047 5	5.3	111.4	1.6

续表 1
Continued Table 1

样品号	序号	U	Th	^{206}Pb	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	同位素比值						年龄/Ma	
		$\text{wt}\%/10^{-6}$				$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ
XS8-1	7	232	160	3.4	0.71	0.017	1.4	0.12	8.3	0.051 5	4.7	110.7	1.6
	8	267	168	4.2	0.65	0.018	1.3	0.12	8.3	0.048 7	7.0	109.6	1.5
	9	309	244	4.6	0.82	0.017	1.3	0.1	10.0	0.042 6	4.9	111.1	1.5
	10	225	157	3.4	0.72	0.017	1.4	0.13	7.7	0.053 1	4.9	110.8	1.6
	12	333	289	5	0.9	0.017	1.3	0.13	7.7	0.052 7	4.0	110.2	1.4
	13	170	85	2.5	0.52	0.017	1.5	0.13	7.7	0.056 4	5.5	109.8	1.7
XS9-5	1	303	130	4.5	0.44	0.017	1.3	0.12	9.2	0.049 1	6.5	109.9	1.5
	2	327	123	4.9	0.39	0.018	1.3	0.11	8.5	0.046 4	4.3	112.6	1.5
	3	262	113	3.9	0.45	0.017	1.3	0.11	8.5	0.044 8	8.5	110.4	1.5
	4	296	109	4.7	0.38	0.018	1.3	0.10	7.7	0.041 6	16.1	113.4	1.7
	5	267	104	4.0	0.40	0.017	1.3	0.11	8.5	0.046 9	4.9	110.8	1.5
	6	318	116	5.0	0.38	0.018	1.4	0.11	7.9	0.045 7	5.0	115.2	1.6
	7	2 035	833	31.4	0.42	0.018	1.0	0.13	13.0	0.050 8	1.6	114.5	1.2
	8	227	80	3.4	0.36	0.017	1.4	0.13	9.3	0.054 0	4.8	110.3	1.5
	9	3 328	1 501	52.4	0.47	0.018	1.0	0.12	12.0	0.049 0	1.2	116.4	1.2
	10	297	92	4.5	0.32	0.018	1.3	0.12	9.2	0.047 3	4.7	113.0	1.5
	12	130	50	2.0	0.40	0.018	1.6	0.13	8.1	0.051 5	6.4	114.4	1.8
	13	389	171	5.9	0.45	0.018	1.2	0.11	9.2	0.047 0	4.9	112.1	1.4
	XS201-1	1	326	147	4.8	0.47	0.018	1.3	0.12	4.1	0.050 7	4.0	110.5
2		332	151	5.0	0.47	0.017	1.2	0.10	4.9	0.043 4	4.7	111.5	1.3
3		434	204	6.5	0.48	0.017	1.2	0.12	3.7	0.049 9	3.6	111.9	1.3
4		867	488	13.2	0.58	0.018	1.1	0.12	3.5	0.05	3.4	112.6	1.2
5		623	263	10.9	0.44	0.018	1.0	0.11	11.7	0.043 5	11.6	113.1	1.3
6		588	247	8.7	0.43	0.020	1.0	0.11	3.4	0.047 8	3.2	110.3	1.2
7		472	214	7.2	0.47	0.017	1.1	0.11	3.8	0.045 3	3.7	114.3	1.3
8		539	223	8.4	0.43	0.018	1.1	0.12	4.5	0.050 4	4.4	110.8	1.2
9		575	250	8.4	0.45	0.018	1.1	0.12	3.4	0.050 4	3.2	108.4	1.2
10		539	362	8.4	0.69	0.017	1.1	0.13	4.7	0.051 7	4.5	111.9	1.2
11		640	281	9.6	0.45	0.018	1.1	0.11	4.4	0.047	4.3	110.2	1.2
12		625	292	9.6	0.48	0.017	1.1	0.12	3.3	0.046 6	3.1	114.8	1.2
XS502-2	1	220	134	3.4	0.63	0.018	1.4	0.12	8.3	0.048 5	5.6	113.1	1.6
	2	182	84	2.8	0.48	0.018	1.5	0.13	7.7	0.051 2	5.5	114.5	1.7
	3	733	414	11.7	0.58	0.019	1.2	0.12	0	0.047 9	2.7	118.2	1.4
	4	285	181	4.6	0.66	0.019	1.3	0.13	7.7	0.051 8	4.2	119.3	1.6
	5	260	147	4.4	0.58	0.020	1.4	0.12	8.3	0.047 0	11.5	121.2	1.9
	6	368	249	5.7	0.70	0.018	1.2	0.12	0	0.046 9	4.1	116.3	1.5
	7	679	607	11.1	0.92	0.019	1.1	0.12	0	0.046 9	4.1	117.0	1.3
	8	263	193	4.1	0.76	0.018	1.3	0.12	8.3	0.046 8	4.9	116.0	1.6
	9	200	112	3.1	0.58	0.018	1.4	0.12	8.3	0.048 2	5.4	115.3	1.7
	10	254	121	3.9	0.49	0.018	1.3	0.12	8.3	0.048 6	4.7	113.2	1.5
	11	217	166	3.4	0.79	0.018	1.4	0.1	10.0	0.039 1	6.9	115.5	1.6
XS9-2	1	389	191	5.9	0.51	0.018	1.2	0.13	0	0.051 6	3.7	112.5	1.4
	2	273	180	4.3	0.68	0.018	1.3	0.12	8.3	0.0487	5.1	114.2	1.5
	3	428	221	6.5	0.53	0.018	1.2	0.11	0	0.046 9	4.1	111.4	1.4
	4	351	176	5.2	0.52	0.017	1.3	0.12	8.3	0.050 2	4.0	108.9	1.4
	5	148	67	2.2	0.47	0.017	1.5	0.12	8.3	0.049	8.4	111.3	1.8
	6	377	275	5.6	0.75	0.017	1.2	0.12	8.3	0.050 3	4.0	109.2	1.4
	7	153	65	2.3	0.44	0.017	1.5	0.13	7.7	0.052 4	5.9	110.5	1.7
	8	257	118	3.9	0.48	0.017	1.3	0.12	8.3	0.049 1	4.9	111.1	1.5
	9	441	235	6.5	0.55	0.017	1.2	0.13	0	0.054 3	3.5	109.7	1.3
	10	320	248	4.9	0.8	0.018	1.3	0.13	7.7	0.051 9	4.0	113.7	1.5
	12	312	196	4.8	0.65	0.018	1.3	0.13	7.7	0.051 1	4.1	114.5	1.5
	13	384	137	5.9	0.37	0.018	1.2	0.11	0	0.046 5	4.1	114.1	1.4

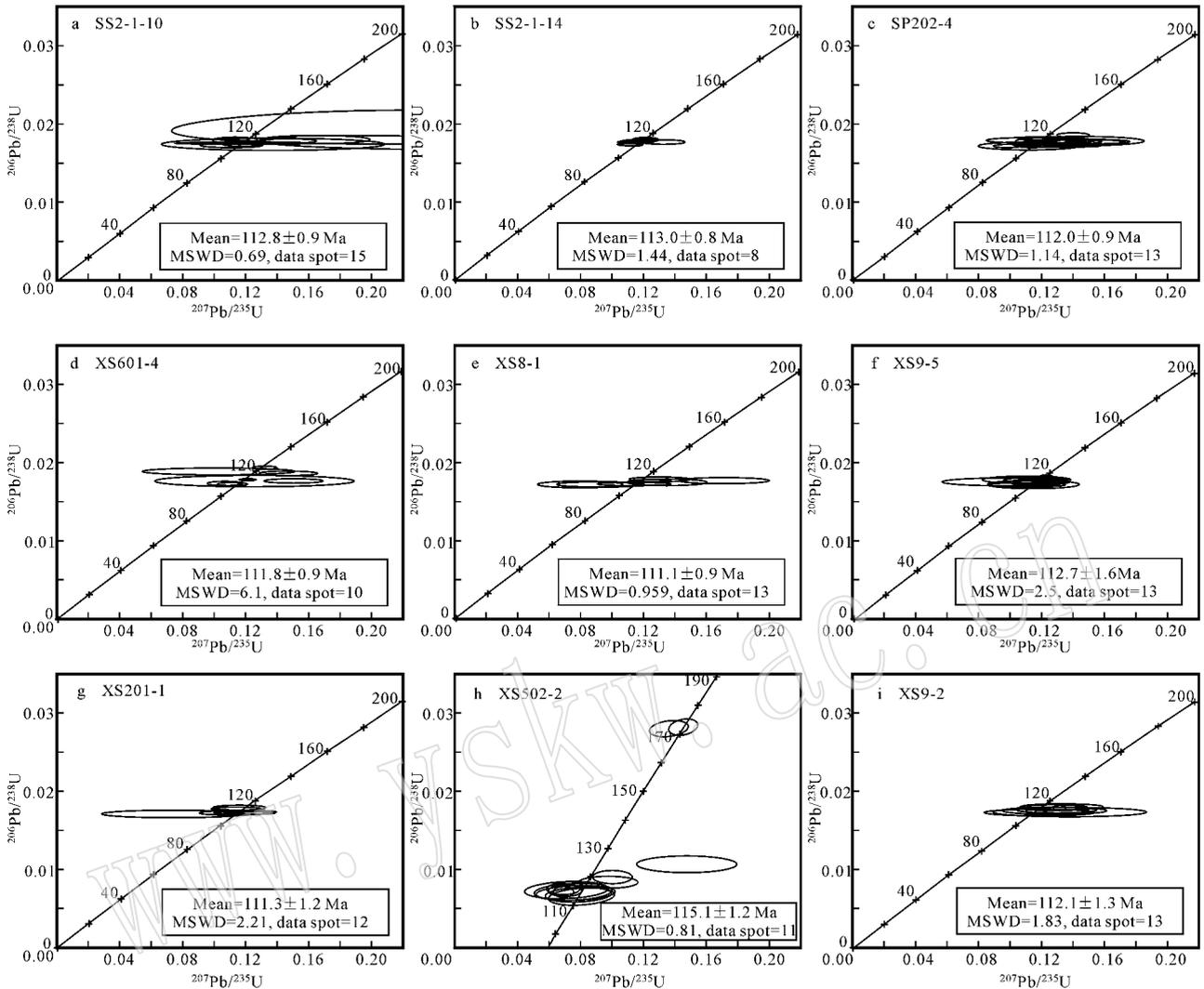


图3 样品的锆石 SHRIMP 年龄谐和图

Fig. 3 Concordia diagrams of SHRIMP U-Pb data for zircons from samples

1.9 Ma(表1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 115.1 ± 1.2 Ma (MSWD=0.81)(图3h)。

3.9 XS9-2 样品

锆石无色、透明,为柱状自形晶,有长柱状和短柱状,晶体长度为 $50 \sim 250 \mu\text{m}$,长宽比为 $1.5:1 \sim 4:1$ 。具有明显的生长环带结构。阴极发光图像中具明显岩浆环带(图3b)。13个数据点测试 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 都大于 0.37, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分布范围在 $108.9 \pm 1.4 \sim 112.6 \pm 1.5$ Ma(表1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 112.1 ± 1.3 Ma (MSWD=1.83)(图3i)。

4 结论与讨论

表2给出本次测定9个岩石样品锆石年龄,其中升平区块3个、兴城区块6个。除XS502-2样品年龄稍大外,其他样品的年龄都集中在 $111 \sim 113$ Ma之间,介于早白垩世晚期的阿普第阶(Aptian)与阿尔布阶(Albian)界线附近(界线年龄为 112.0 ± 1.0 Ma),而XS502-2样品年龄为 115.1 ± 1.2 Ma,也属于阿普第阶(Aptian)。由表2可以看出,升平区

块火山岩的年龄为 112.0~113.0 Ma,兴城区块火山岩形成于 111.1~115.8 Ma 之间,在测试误差范围内两区火山岩的形成时代完全一致。

1999 年以前松辽盆地 T_4 反射层以下的断陷层序在勘探中统称为“侏罗系”(见 1999 年以前的所有录井资料和分层数据)。1996~1999 年基于盆缘 21 条典型剖面,通过松辽盆地深层岩石地层、生物地层、层序地层和年代地层研究^①,把断陷层序细分为 3 个组 8 个段,包括火石岭组、沙河子组和营城组(迟元林等,2000)。有关盆地内部营城组火山岩的组段划分对比有两种主要认识。一种根据岩性段,认为营城组主体岩性一段是流纹岩,二段是砂砾岩,三段是玄武岩,四段是凝灰岩,与建组剖面相同(王璞珺

等,1999)。由于存在对盆地内部偶见的流纹岩夹玄武岩和安山岩的层段难以归位等问题,该方案没有在勘探中使用。另一种是地震层位同相轴追踪观点,认为营城组一段分布面积广泛,同相轴大范围可追踪,对于同相轴不能够连续追踪的层位按不同段处理^①。由于兴城与升平两个区块之间火山岩分布并不连续,尤其是三维地震工区之间尚不连片,造成两区块之间火山岩的层位关系不清楚。以往的勘探和研究中一直认为二者属于上下层位关系,这也是目前勘探开发中采用的解释方案,即兴城区块火山岩在下,属于营城组一段,升平区块火山岩在上,属于营城组三段^①。

依据本次火山岩锆石 SHRIMP 年龄结果,可以

表 2 火山岩锆石 SHRIMP 测年样品及测试结果

Table 2 Samples and result of volcanic rock SHRIMP zircon dating

序号	产气区块	送样号	岩性	取样深度/m	锆石颗数	年龄/Ma	MSWD	备注
1	升平	SS2-1-10	流纹岩	2 961.27	60	112.8±0.9	0.69	
2		SS2-1-14	隐晶质英安岩	3 065.95	70	113.0±0.8	1.44	
3		SS202-4	流纹岩	3 143	65	112.0±0.9	1.14	
4	兴城	XS1-4	凝灰岩	3 524	16			锆石数量太少未测试
5		XS601-4	熔结凝灰岩	3 528.56	22	111.8±1.9	6.1	
6		XS5-2	流纹岩	3 668.1	10			锆石数量太少未测试
7		XS8-1	霏细岩	3 644	160	111.1±0.9	0.95	
8		XS9-2	流纹岩	3 764.95	100	112.1±1.3	1.83	
9		XS9-5	晶屑凝灰岩	3 881.3	220	112.7±1.6	2.5	
10	兴城	XS201-1	流纹质凝灰岩	4 176.5	80	111.3±1.2	2.21	
11		XS502-2	熔结凝灰岩	4 082.5	160	115.1±1.2	0.81	
12		XS401-7	安山岩	4 257	11			锆石数量太少未测试

认为兴城地区和升平地区的部分酸性火山岩是同一时期火山作用的产物,这一认识与以往勘探中对该区的层位解释有明显差异。由于这次研究主要选用酸性岩(没有典型营城组三段玄武岩),所以还不能据此否定升平地区存在营城组三段地层,但需要重新考虑盆地内部营城组岩性段划分方案。本次结果可以说明兴城和升平两个产气区块都发育有营城组一段火山岩储层。由于同期火山岩在岩性、岩相和储层物性方面具有较多的可比性(王璞珺等,2003),因此两区的火山岩勘探在成功经验和失败教训方面应当注意互为借鉴。

References

- Chi Yuanlin, Wang Pujun, Shan Xuanlong, *et al.* 2000. Study on Non-marine Deep Stratigraphy of Oil-bearing Basin in China [M]. Changchun: Jilin Science & Technology Press (in Chinese).
- Compston W and Williams I S. 1992. Ion probe ages for the British Ordovician and Silurian stratotypes [J]. Proceedings of the International Symposium on the Ordovician System, 6: 59~67.
- Liu Qi, Shu Ping and Li Songguang. 2005. Integrated description technique for deep volcanic gas reservoir in Northern Songliao Basin [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 24 (3) 21~23 (in Chinese).
- Ludwig K R. 1980. Calculation of uncertainties of U-Pb isotope data [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 46(2): 212.

①王璞珺,任延广,万传彪,等. 1999. 松辽盆地深层综合地层学研究,石油天然气总公司重点项目报告.

- Ludwig K R. 1995. Isoplot—A Plotting and Regression Program for Radiogenic Isotope Data [M]. US Geological Survey Open File Report , 1 ~ 458.
- Wang Pujun , Chi Yuanlin , Liu Wanzhu , *et al.* 2003. Volcanic facies of the Songliao Basin : classification , characteristics and reservoir significance [J]. Jilin University (Earth Sci Edition) , 33 (4) : 449 ~ 456 (in Chinese).
- Wang Pujun , Du Xiaodi , Wang Jun , *et al.* 1995. Chronostratigraphy and stratigraphic classification of the Cretaceous of the Songliao Basin [J]. Acta Geologica Sinica , 69 (4) : 372 ~ 381 (in Chinese).
- Wang Pujun , Liu Wanzhu , Wang Shuxue , *et al.* 2002. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and K/Ar dating on the volcanic rocks in the Songliao basin , NE China : constraints on stratigraphy and basin dynamics [J]. International Journal of Earth Sciences , 91 : 331 ~ 340.
- Wang Pujun , Wang Shuxue , Qu Yongbao , *et al.* 1999. Volcanic events of the Cretaceous Songliao Basin—a case study of Yingcheng Formation [J]. Journal of Changchun University of Science and Tech-

- nology , 29 (Spec Issue V) : 50 ~ 54 (in Chinese).
- Williams I S. 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe [J]. Reviews in Economic Geology , 7 : 1 ~ 35.

附中文参考文献

- 迟元林,王璞珺,单玄龙,等.2000.中国陆相含油气盆地深层地层研究——以松辽盆地为例 [M].长春:吉林科技出版社.
- 刘启舒,舒萍,李松光.2005.松辽盆地北部深层火山岩气藏综合描述技术 [J].大庆石油地质与开发, 24 (3) : 21 ~ 23.
- 王璞珺,迟元林,刘万洙,等.2003.松辽盆地火山岩相类型、特征和储层意义 [J].吉林大学学报(地球科学版), 33 (4) : 449 ~ 456.
- 王璞珺,杜小弟,王骏,等.1995.松辽盆地白垩系年代地层研究及地层划分对比 [J].地质学报, 69 (4) : 372 ~ 381.
- 王璞珺,王树学,曲元宝,等.1999.松辽盆地火山事件研究——营城组火山岩特征 [J].长春科技大学学报, 29 (专辑) : 50 ~ 54.

·书刊简介·

Glossary of Mineral Synonyms 《矿物同物异名汇编》

Jeffrey de Fourestier (傅小土) 编 1999年 渥太华:加拿大矿物协会 出版
ISBN 0-921294-44-1 434页

该书作者 Jeffrey de Fourestier (傅小土) 先生出于对矿物学研究的热爱,多年来足迹遍布世界各地著名博物馆和知名研究机构,详查世界各国古今文献,屡访各国专家学者,追根溯源,在具备丰富的矿物学、历史学及语言学知识的基础上,编写出了这本极具学术价值的 *Glossary of Mineral Synonyms* (《矿物同物异名汇编》),提供了国际矿物学协会 (IMA) 认可的矿物标准名称的众多异名。该书第一版于 1994 年即已面世,目前的版本备查条目多达 35 000 个,是第一版的 7 倍之多。该书还收录了宝石贸易及工业矿物领域包括人造石及粘土矿物在内的相关条目,是目前最为详尽的查阅矿物同物异名的工具书,并将随着 IMA 的矿物命名变化不断进行更新。

该书是一本矿物名称大全,资料丰富,基本涵盖了当时所有的矿物名称。该书对专业或业余矿物学家、宝石学家以及对过时矿物名称术语感兴趣的人士有重要的帮助。

