

张家口地区张家口组火山岩的 LA-ICP-MS 测年及其地质意义

韦忠良¹ 张宏^{1,2*} 柳小明 张晔卿³

1. 江苏工业学院机械与能源工程学院, 常州 213016; 2. 西北大学地质学系 大陆动力学重点实验室, 西安 710069;

3. 河北省区域地质矿产调查研究院, 廊坊 056000

摘要 张家口组的建组剖面在张家口地区. 通过对张家口地区典型剖面上4个样品的测年, 结果表明张家口地区张家口组火山岩的年龄范围为 $(143.0 \pm 3.7) - (136.1 \pm 1.4)$ Ma 左右, 跨越了滦平地区张家口组和土城子组的年龄范围之和. 在冀北的滦平、赤城等地区, 张家口组与土城子组之间为整合接触至过渡关系. 暗示上述地区张家口组和土城子组是相同构造背景下的产物, 并且在西部(张家口地区)火山作用开始的时间较早(在143 Ma 左右)、持续的时间较长(143—136 Ma 左右), 而在东部(滦平地区)火山作用开始的时间较晚, 主要作用的时间在135—136 Ma 左右. 对承德、平泉地区的“张家口组”进行了分析.

关键词 张家口组 火山岩 LA-ICP-MS 测年 张家口地区

在冀北地区, 张家口组火山岩的形成时期及其前后, 正是中国东部中生代构造格架发生重大变格的时期^[1-5]. 有些学者认为, 冀北地区的张家口组与土城子组之间是角度不整合, 而且该角度不整合是 J_3-K_1 界线和中生代构造转换界面的直接证据, 并认为张家口组的下限年龄在135 Ma 左右^[1,3-5]. 张家口组的建组剖面是在冀北的张家口地区, 所以, 准确厘定张家口地区张家口组火山岩的年代, 对于正确认识中国东部中生代构造格架转换的主体时间、背景等具有直接的、重要的意义.

张家口组以酸性火山碎屑岩、熔岩为主, 主要分布在冀北地区, 在辽西的凌源地区也有部分出露, 即从西向东, 主要分布在冀北的张家口地区、赤城地区、滦平盆地, 辽西的凌源地区等. 上述地区中, 滦平盆地是近年的研究热点, 许多学者对该盆地中张家口组火山岩以及相关层位进行了年代学的研究^[3,6-9]. 前人对辽西凌源地区的张家口组火山

岩也进行了较为系统的年代学研究^[8-10], 然而, 对原始命名地的张家口组(张家口地区的张家口组)而言, 近年的年代学研究仅见杨进辉先生的一个测年数据^[11].

总的来说, 张家口组火山岩的测年数据已经有了一定量的积累^[1,3,7-11], 但是, 在冀北地区, 张家口组火山岩形成之后, 有相当规模的中生代义县期(相应时期)的火山岩产出, 而且两者的岩性极为相近, 这给测年的采样工作带来了较大的困难, 从而造成张家口组火山岩的测年数据相差较大, 使得不同学者对张家口组火山岩的年代学认识出现较大的分歧, 并引发许多争论. 其中关键的问题是导致对张家口组与土城子组之间的关系争论较大^[1-10], 从而导致对中国东部中生代构造格架转换的主体时间、背景等方面的认识出现较大分歧.

鉴于存在的上述问题, 对张家口及附近地区进行1:5万区调联测的工作, 对原1:20万地质图中

2007-11-14 收稿, 2007-12-15 收修修改稿

* 通信作者, E-mail: syzhanghongtt@163.com

张家口组火山岩的建组剖面 and 辅助剖面进行了采样和测年工作。

1 张家口地区的区域地质概况

张家口地区位于燕山构造带的西部, 该地区出露的主要地层为太古界、元古界, 中生界的张家口

组 and 新生界的玄武岩。其中, 张家口组非常发育、厚度巨大, 下部以碎屑岩为主, 中、上部主要为酸(中)性的火山碎屑岩和火山熔岩。在研究区, 张家口组之下没有土城子组, 并且张家口组与太古界、元古界直接角度不整合接触(图 1)。

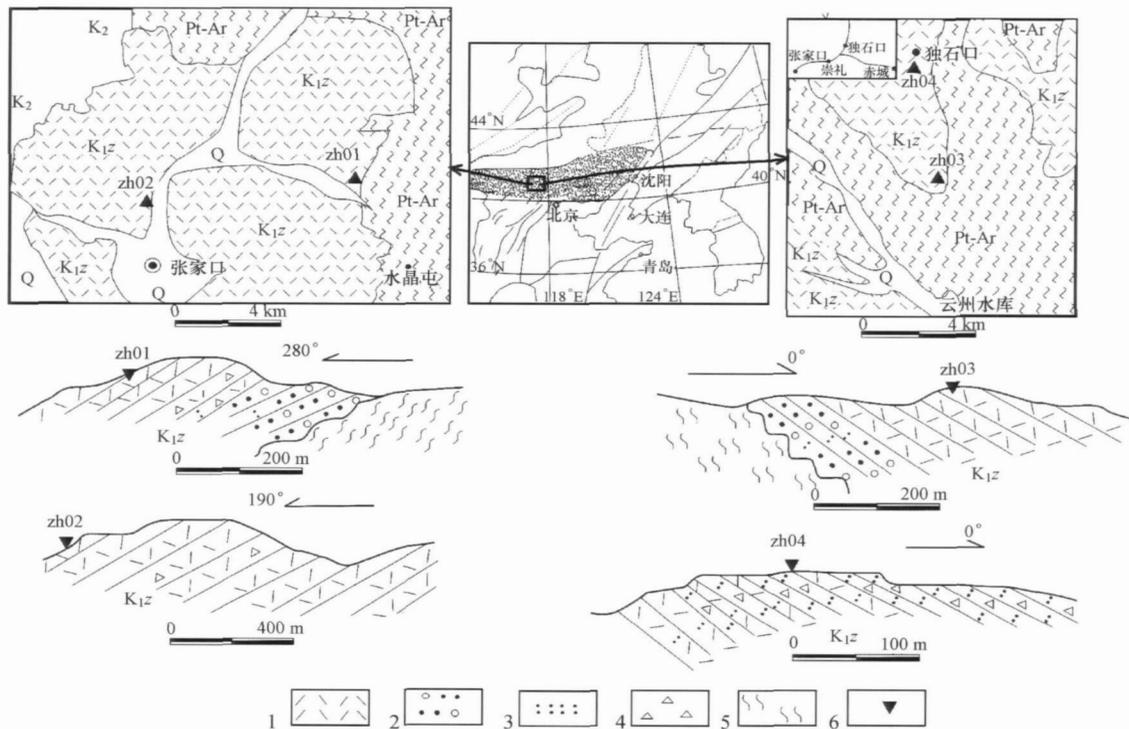


图 1 冀北张家口附近地区地质简图及采样点位置

1-流纹岩; 2-砂砾岩; 3-凝灰岩; 4-角砾岩; 5-片麻岩; 6-采样点; K_{1z}: 张家口组

值得注意的是, 张家口地区的张家口组的岩石组成有一定的特殊性。下部有较厚的碎屑岩(图 1), 并且与太古界、元古界角度不整合。但是在冀北的雕鹗盆地, 丰宁盆地, 滦平盆地, 辽西的凌源等地区, 张家口组下部碎屑岩厚度较小, 并直接与土城子组的粗碎屑岩接触。

2 张家口组火山岩的测年

2.1 样品的采集及制样

该地区样品的采样工作是在张家口组的原始“建组剖面”及其辅助剖面上进行的, 即以该地区 1:20 万地质图中张家口组的建组剖面 and 辅助剖面

为基础, 分别在两剖面的底部 and 顶部附近进行采样, 共采集 4 个样品(图 1)。这 4 个样品采样点的层位清晰, 产状稳定(如图 1), 附近没有后期火山岩脉体的影响, 基本代表了两个剖面中张家口组火山岩的早期 and 晚期火山作用的产物。具体的采样情况见表 1 and 图 1。

锆石的分选是在河北省区域地质矿产调查研究院(廊坊)完成的。样品经过破碎, 淘洗, 电磁选, 重液分选, 然后在双目镜下挑选, 得到含包裹体少, 无明显裂隙且晶形完好的锆石。在双目镜下将锆石样品粘在双面胶上, 制成靶。锆石的阴极发光(CL)图像是在中国科学院地质与地球物理研究所用 CAMECA SX-50 电子探针完成的。

表 1 采样点位置及锆石测年结果一览表

样品号	地点	岩性	层位	测年结果/ Ma	采样点网格坐标
Zh01	张家口	英安岩	张家口组下部	143.0±3.7	x.x: 331141.70 y.y: 4528766.40
Zh02	张家口	英安岩	张家口组上部	138.9±2.7	x.x: 321949.80 y.y: 4526950.10
Zh03	张家口	英安岩	张家口组下部	139.6±2.6	x.x: 393706.61 y.y: 4561701.93
Zh04	张家口	英安岩	张家口组上部	136.1±1.4	x.x: 391784.09 y.y: 4574196.96

2.2 测年方法

LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 原位定年分析是在西北大学国家大陆动力学重点实验室进行的. 在 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 的原位定年分析中, 激光剥蚀系统是德国 Lambda Physik 公司的 GeoLas 200 M 深紫外 (DUV) 193nm ArF 准分子 (excimer) 激光剥蚀系统, 在分析中, 采用的激光斑束直径是 30 μm, U, Pb 含量分析以 ²⁹Si 作为内标, NIST SRM 610 作外标进行校正; U-Pb 年龄分析则以哈佛大学标准锆石 91500 作

为外标校正. 同位素比值数据处理采用 GLITTER (4.0版) 软件, 并使用 Andersen (2002) 的软件对测试数据进行普通铅校正^[12], 年龄计算及成图采用 ISO-PLOT (3.0 版) 软件进行, 使用的 ICP-MS 为 Agilent 7500 型. 具体仪器参数见参考文献 [13].

2.3 测年结果

Zh01 号样品位于张家口市东北张家口组剖面的下部. 锆石较为单一, 以长柱状为主, 成分环带明显, 见有扇形分带, 无内核, 晶型完整, 长轴为 100—150 μm (图 2). 有 16 个锆石的分析点, 锆石的 Th/U 比值在 0.69—1.20 (表 2), 表明所研究的这些锆石为岩浆成因, 经过普通铅校正后的具体分析数据中, 5, 7, 9 号点的数据远离谐和线, 6 号点的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 数据为 123 Ma, 年龄太小, 偏离样品的正常值 (可能是混入的锆石), 其余的 12 个点位于 ²⁰⁶Pb/²³⁸U—²⁰⁷Pb/²³⁵U 谐和线上或附近, 其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 的加权平均年龄为 (143.0±3.7) Ma (图 3).

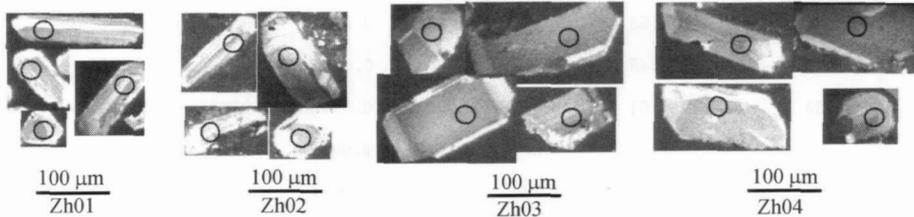


图 2 火山岩样品锆石的阴极发光照片

Zh02 号样品位于张家口市北张家口组的上部. 锆石较为单一 (与 Zh01 号样品中的锆石非常一致), 以长柱状为主, 成分环带明显, 见有扇型分带, 无内核, 晶型完整, 长轴为 100—150 μm (图 2). 有 17 个锆石的分析点, 锆石的 Th/U 比值在 0.56—1.25 (表 2), 表明所研究的这些锆石为岩浆成因, 经过普通铅校正后的具体分析数据中, 10, 11, 17 号点的数据值远离谐和线, 其余 14 个点位于 ²⁰⁶Pb/²³⁸U—²⁰⁷Pb/²³⁵U 谐和线上或附近, 其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 的加权平均年龄为 (138.9±2.7) Ma (图 3).

Zh03 号样品位于独石口附近张家口组剖面的下部. 锆石较为单一, 以长板状为主, 成分环带在边缘发育, 锆石表面呈灰色, 有扇形分带, 无内核, 晶型完整, 长轴为 100—160 μm (图 2). 有 14 个锆石的分析点, 经过普通铅校正后的具体分析数据

中, 7, 9, 10 号点的数据远离谐和线, 其余 11 个点的锆石 Th/U 比值在 0.50—1.71 (表 2), 表明所研究的这些锆石为岩浆成因, 数据位于 ²⁰⁶Pb/²³⁸U—²⁰⁷Pb/²³⁵U 谐和线上或附近, 其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 的加权平均年龄为 (139.6±2.6) Ma (图 3).

Zh04 号样品位于独石口附近张家口组剖面的上部. 锆石较为单一 (与 Zh03 号样品中的锆石非常一致), 以长板状为主, 成分环带在边缘密集, 而在中间稀疏, 无内核, 晶型完整, 长轴为 100—160 μm (图 2). 有 16 个锆石的分析点, 经过普通铅校正后的具体分析数据中, 2, 3, 16 号点的数据远离谐和线, 其余 13 个点的锆石 Th/U 比值在 1.25—2.27 之间 (表 2), 表明所研究的这些锆石为岩浆成因, 数据位于 ²⁰⁶Pb/²³⁸U—²⁰⁷Pb/²³⁵U 谐和线上或附近, 其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 的加权平均年龄是 (136.1±

1.4)Ma. 从该地区张家口组的测年结果可以看出, 该地区张家口组的年代主体在 $(143.0 \pm 3.7) \text{Ma}$ — $(136.1 \pm 1.4) \text{Ma}$ 左右. 应指出的是由于该地区张家口组的样品并不是采集在张家口组真正的顶部, 底部, 所以该地区张家口组的实际年龄范围应稍大一些.

表 2 张家口地区张家口组样品测试结果一览^{a)}

Zircon No.	含量/ 10^{-6}			比值						年代/ Ma				
	Pb	Th	U	Th/U	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ
Zh01														
Zh01-1	9	263	250	1.05	0.0461	0.0023	0.1445	0.0070	0.02276	0.00028	137	6	145	2
Zh01-2	5	144	144	1.00	0.0461	0.0029	0.1500	0.0092	0.02363	0.00032	142	8	151	2
Zh01-3	3	88	88	1.00	0.0558	0.0045	0.1709	0.0133	0.02220	0.00041	160	12	142	3
Zh01-4	7	278	232	1.20	0.0461	0.0021	0.1313	0.0057	0.02068	0.00026	125	5	132	2
Zh01-5 *	6	181	182	1.00	0.0879	0.0032	0.2744	0.0094	0.02266	0.00030	246	8	144	2
Zh01-6 *	8	220	206	1.07	0.0461	0.0025	0.1220	0.0065	0.01921	0.00028	117	6	123	2
Zh01-7 *	15	396	468	0.85	0.0892	0.0032	0.2493	0.0085	0.02028	0.00027	226	7	129	2
Zh01-8	8	214	212	1.01	0.0499	0.0047	0.1596	0.0149	0.02318	0.00040	150	13	148	2
Zh01-9 *	5	161	140	1.15	0.0847	0.0041	0.2764	0.0128	0.02366	0.00037	248	10	151	2
Zh01-10	8	213	232	0.92	0.0595	0.0026	0.1822	0.0076	0.02222	0.00029	170	7	142	2
Zh01-11	6	178	185	0.96	0.0553	0.0022	0.1721	0.0066	0.02256	0.00028	161	6	144	2
Zh01-12	3	64	92	0.69	0.0546	0.0032	0.1786	0.0103	0.02374	0.00035	167	9	151	2
Zh01-13	2	51	64	0.80	0.0461	0.0038	0.1314	0.0106	0.02069	0.00039	125	9	132	2
Zh01-14	6	200	192	1.04	0.0475	0.0029	0.1407	0.0082	0.02146	0.00027	134	7	137	2
Zh01-15	4	101	108	0.93	0.0507	0.0033	0.1580	0.0101	0.02259	0.00036	149	9	144	2
Zh01-16	30	999	829	1.20	0.0642	0.0013	0.2004	0.0040	0.02265	0.00023	185	3	144	1
Zh02														
Zh02-1	39	1165	1134	1.03	0.0518	0.0008	0.1618	0.0024	0.02266	0.00021	152	2	144	1
Zh02-2	4	152	129	1.19	0.0546	0.0043	0.1630	0.0125	0.02165	0.00039	153	11	138	2
Zh02-3	7	77	137	0.56	0.0461	0.0029	0.1430	0.0086	0.02252	0.00036	136	8	144	2
Zh02-4	21	533	686	0.78	0.0513	0.0011	0.1534	0.0030	0.02168	0.00021	145	3	138	1
Zh02-5	11	304	357	0.85	0.0571	0.0014	0.1692	0.0039	0.02149	0.00022	159	3	137	1
Zh02-6	10	211	313	0.67	0.0626	0.0016	0.1896	0.0046	0.02199	0.00023	176	4	140	1
Zh02-7	8	203	278	0.73	0.0611	0.0017	0.1769	0.0048	0.02099	0.00023	165	4	134	1
Zh02-8	12	295	332	0.89	0.0471	0.0030	0.1319	0.0083	0.02030	0.00024	126	7	130	2
Zh02-9	6	141	199	0.71	0.0461	0.0024	0.1384	0.0069	0.02180	0.00027	132	6	139	2
Zh02-10 *	4	73	77	0.95	0.1073	0.0049	0.3903	0.0171	0.02637	0.00043	335	12	168	3
Zh02-11 *	9	264	274	0.96	0.0677	0.0018	0.2119	0.0054	0.02271	0.00024	195	5	145	2
Zh02-12	19	196	263	0.75	0.0467	0.0106	0.1317	0.0297	0.02047	0.00037	126	27	131	2
Zh02-13	18	433	565	0.77	0.0578	0.0012	0.1813	0.0036	0.02274	0.00022	169	3	145	1
Zh02-14	4	128	153	0.84	0.0396	0.0028	0.1155	0.0080	0.02115	0.00028	111	7	135	2

续表

Zircon No.	含量/10 ⁻⁶			比值						年代/Ma				
	Pb	Th	U	Th/U	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ
Zh02-15	8	300	275	1.09	0.0480	0.0019	0.1369	0.0052	0.02066	0.00024	130	5	132	2
Zh02-16	5	94	141	0.67	0.0588	0.0027	0.1849	0.0081	0.02279	0.00031	172	7	145	2
Zh02-17 *	19	708	565	1.25	0.0792	0.0021	0.2170	0.0056	0.01987	0.00022	199	5	127	1
Zh03	0													
Zh03-1	10	186	350	0.53	0.0543	0.0013	0.1660	0.0038	0.02217	0.00023	156	3	141	1
Zh03-2	10	201	343	0.59	0.0529	0.0015	0.1591	0.0043	0.02181	0.00023	150	4	139	1
Zh03-3	3	71	110	0.64	0.0608	0.0037	0.1891	0.0113	0.02256	0.00037	176	10	144	2
Zh03-4	11	190	362	0.53	0.0550	0.0013	0.1687	0.0040	0.02227	0.00023	158	3	142	1
Zh03-5	6	143	185	0.77	0.0670	0.0049	0.1947	0.0140	0.02109	0.00036	181	12	135	2
Zh03-6	6	126	178	0.71	0.0616	0.0026	0.1863	0.0078	0.02195	0.00029	173	7	140	2
Zh03-7 *	21	316	465	0.68	0.1355	0.0025	0.5009	0.0085	0.02681	0.00028	412	6	171	2
Zh03-8	7	164	217	0.76	0.0523	0.0021	0.1665	0.0064	0.02312	0.00028	156	6	147	2
Zh03-9 *	10	224	298	0.75	0.0839	0.0021	0.2585	0.0061	0.02234	0.00025	233	5	142	2
Zh03-10 *	12	596	341	1.75	0.0323	0.0041	0.0981	0.0125	0.02204	0.00034	95	12	141	2
Zh03-11	5	92	164	0.56	0.0461	0.0021	0.1320	0.0058	0.02078	0.00025	126	5	133	2
Zh03-12	16	401	540	0.74	0.0555	0.0011	0.1669	0.0033	0.02181	0.00022	157	3	139	1
Zh03-13	10	208	331	0.63	0.0527	0.0016	0.1593	0.0046	0.02194	0.00024	150	4	140	2
Zh03-14	3	60	121	0.50	0.0533	0.0023	0.1480	0.0063	0.02013	0.00026	140	6	128	2
Zh04	0													
Zh04-1	11	436	288	1.52	0.0585	0.0020	0.1806	0.0060	0.02241	0.00027	169	5	143	2
Zh04-2 *	10	398	290	1.37	0.0853	0.0030	0.2379	0.0080	0.02024	0.00026	217	7	129	2
Zh04-3 *	15	581	396	1.47	0.0734	0.0015	0.2262	0.0043	0.02237	0.00023	207	4	143	1
Zh04-4	9	371	283	1.31	0.0554	0.0020	0.1585	0.0055	0.02075	0.00025	149	5	132	2
Zh04-5	11	431	318	1.36	0.0584	0.0015	0.1720	0.0042	0.02136	0.00023	161	4	136	1
Zh04-6	9	364	263	1.39	0.0461	0.0021	0.1340	0.0059	0.02110	0.00023	128	5	135	1
Zh04-7	13	761	336	2.27	0.0495	0.0015	0.1469	0.0042	0.02152	0.00023	139	4	137	1
Zh04-8	12	481	327	1.47	0.0614	0.0018	0.1849	0.0052	0.02186	0.00024	172	4	139	2
Zh04-9	19	882	509	1.73	0.0466	0.0027	0.1346	0.0075	0.02094	0.00025	128	7	134	2
Zh04-10	12	515	315	1.63	0.0578	0.0058	0.1711	0.0168	0.02148	0.00037	160	15	137	2
Zh04-11	7	259	208	1.25	0.0471	0.0039	0.1341	0.0108	0.02065	0.00030	128	10	132	2
Zh04-12	18	783	471	1.66	0.0709	0.0020	0.2095	0.0057	0.02144	0.00024	193	5	137	2
Zh04-13	10	428	278	1.54	0.0524	0.0015	0.1557	0.0043	0.02157	0.00023	147	4	138	1
Zh04-14	9	345	258	1.34	0.0484	0.0027	0.1445	0.0079	0.02164	0.00026	137	7	138	2
Zh04-15	18	835	508	1.64	0.0670	0.0012	0.1942	0.0033	0.02104	0.00021	180	3	134	1
Zh04-16 *	10	330	248	1.33	0.1225	0.0026	0.3695	0.0075	0.02188	0.00024	319	6	140	2

a) 有 * 的数据号为计算加权平均值时剔除的数据

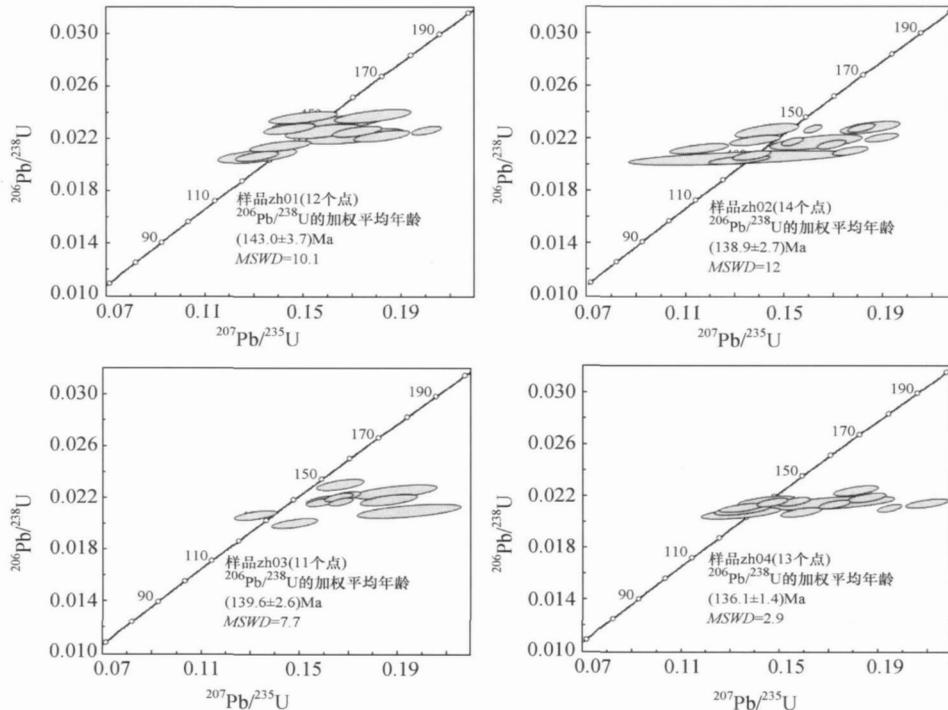


图 3 张家口地区火山岩样品的锆石 U-Pb 谐和图

3 冀北张家口组年代学的讨论

张家口地区张家口组的测年结果表明, 该地区张家口组的年龄范围主体在 143—136 Ma 之间(图 3)。值得注意的是, 在冀北的滦平地区张家口组火山岩的年龄范围在 136—135 Ma 之间^[3, 6-9], 土城子组的年龄范围在 (142.6±1.3)Ma—(136.4±1.9)Ma 左右^[8, 9]。可见, 张家口地区张家口组火山岩的年龄范围跨越滦平地区的张家口组和土城子组年龄范围之和(表 3)。冀北张家口组火山岩的同位素测年数据已经有了一定的积累(表 3, 图 4), 这些数据与冀北地区张家口组的地质特征相对应。

在野外, 张家口组与土城子组的接触关系有两种:

一种是张家口组与土城子组之间为整合接触至过渡关系, 这种现象在滦平以西的冀北地区普遍存在。在冀北的丰宁, 赤城的雕鹅和滦平地区, 只要土城子组和张家口组同时存在, 二者就为整合关

系, 表现为土城子组的沉积岩被张家口组的酸性火山熔岩直接覆盖, 二者产状协调。在接触界面附近, 土城子组顶部的砾岩与其整个上部层位的砾岩不见差异; 张家口组火山熔岩的底界附近也未见有特殊的不同于土城子组的砾石层出现。例如, 在滦平地区, 土城子组与张家口组为整合关系^{[8, 14] 1)}, 并且二者在横向上呈指状交互关系¹⁾。另外在张家口组下部见有复成分砾岩夹层, 并且岩性特征与土城子组可比, 可作为二者指状交互关系的间接证据^[8]。值得注意的是, 在赤城的雕鹅盆地, 土城子组与张家口组之间没有明显的界限, 而是一种过渡关系, 即下部的沉积岩(土城子组)和上部的火山熔岩(张家口组)之间被多个互层的沉积层与熔岩层分隔。以上地区土城子组与张家口组之间的接触关系与本文测年数据相吻合, 暗示在张家口至滦平地区, 土城子组和张家口组是同一地质背景下的, 形成时间有一定差异的产物。

1) 中华人民共和国区域地质调查报告, 小白旗幅 K50E019013, 滦平县幅 K50E019014, 滦河幅 K50E019015

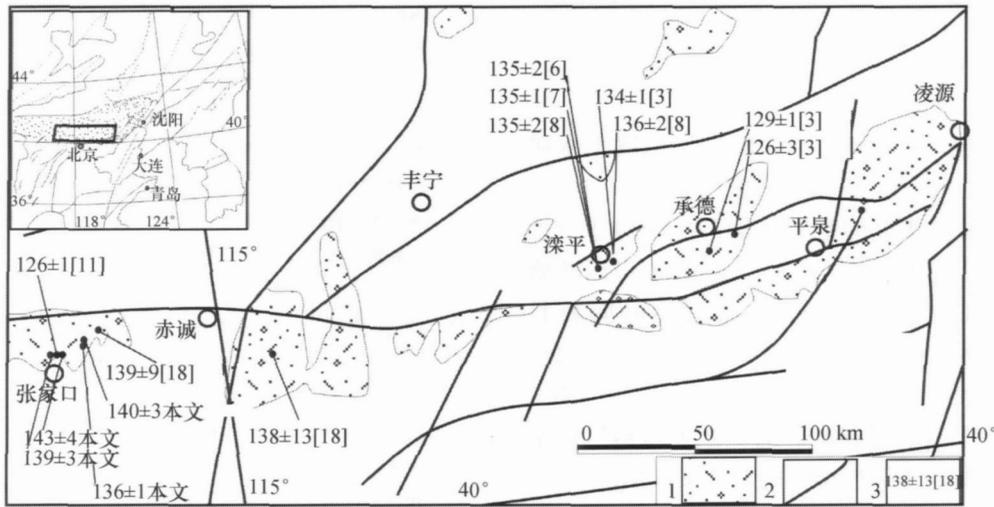


图 4 冀北地区张家口组火山岩测年数据的
取样位置情况简图

中生代盆地； 断裂； 测年数据及参考文献编号

表 3 冀北地区张家口组火山岩同位素测年结果一览

	层位	采样地点	测试对象	测定方法	年龄值/ Ma	资料来源
张家口至滦平地区	张家口组	崇礼县大水沟	流纹岩	Rb-Sr	139.2±8.9	[18]
		赤诚县炮台镇	英安岩、流纹岩		138±13	
	张家口组(顶)	滦平张家沟门	流纹岩中锆石	SHRIMP U-Pb	135.4±1.6	[6]
	张家口组(底)	滦平井上	流纹岩透长石	Ar-Ar	135.3±1.4	[7]
	张家口组(底)	滦平郝营	流纹岩中锆石	SHRIMP U-Pb	133.9±1.3	[3]
	张家口组(顶)	滦平张家沟门	流纹岩中锆石	LAICPMS U-Pb	135.2±2.3	[8]
	张家口组(底)	滦平郝营	凝灰岩中锆石		135.7±1.8	
	张家口组二段	张家口	流纹岩中锆石	LAICPMS U-Pb	126±1	[11]
	张家口组(顶-底)	张家口	英安岩	LAICPMS U-Pb	136—144 (4个样品)	本文
平泉至承德地区	“张家口组”(底)	承德骆驼山	流纹岩中锆石	SHRIMP U-Pb	128.8±1.3	[3]
	“张家口组”(上部)	承德骆驼山北	流纹岩中锆石		125.9±2.8	

另一种是“张家口组”与土城子组之间为角度不整合接触。这种现象只见于承德的骆驼山(或鸡冠山)和平泉的双庙地区。表现为土城子组碎屑岩褶皱之后为“张家口组”火山岩角度不整合覆盖。这两个地区的地质现象也与测年数据相吻合。在平泉地区,“张家口组”火山岩的测年数据为 126—

122 Ma 左右(笔者未发表数据),该年龄范围恰恰是辽西义县组的形成时期(120—130 Ma)^[7,15-19]。在辽西,土城子组与义县组之间角度不整合接触关系已经得到共识^[7,15-19]。平泉地区的“张家口组”是辽西义县组形成时期的产物,即应划归义县组,所以这种角度不整合的实质是义县组与土城子组之间

的角度不整合. 承德地区的“张家口组”火山岩与平泉地区的情况基本一致.

4 结论

张家口地区张家口组火山岩的年龄范围主体在143—136 Ma 之间, 在冀北的张家口至滦平地区, 张家口组与土城子组之间最有可能是相同构造背景下的产物, 并且在西部(张家口地区)火山作用开始的时间较早(在143 Ma 左右), 持续的时间较长(143—136 Ma 左右), 而在东部(滦平地区)火山作用开始的时间较晚, 主要作用的作用时间在135—136 Ma 之间. 平泉、承德地区的“张家口组”应是辽西义县组形成时期的产物, 应划归义县组.

致谢 本研究的实验工作承蒙高山博士的资助; 工作中得到西北大学袁洪林老师的鼎力相助, 得到西北大学国家大陆动力学重点实验室工作人员的大力支持, 并获得中国科学院地质与地球物理研究所阴极发光实验室研究人员的帮助, 在此一并致谢.

参 考 文 献

- Davis GA, Zheng YD, Wang C, et al. Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan fold and thrust belt, with emphasis on Hebei and Liaoning provinces, northern China. In: Hendrix MS, Davis GA, eds. Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia: From Continental Assembly to Intracontinental Deformation; Boulder, Colorado; Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 171—197
- Ren JS. China and Adjacent Tectonic Map(1 : 5000000). Beijing: Geological Publishing House, 2002, 3—10
- Niu BG, He ZJ, Song B, et al. SHRIMP geochronology of volcanics of the Zhangjiakou and Yixian Formation, Northern Hebei province with a discussion on the age of the Xing'anling Group of the Great Hinggan mountains and volcanic strata of the Southeastern coastal area of China. Acta Geologica Sinica(English edition), 2004, 78(6): 1214—1228
- 赵越, 张拴宏, 徐刚, 等. 燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件. 地质通报, 2004, 23(9—10): 854—863
- 张长厚, 张勇, 李海龙. 燕山西段及北京西山晚中生代逆冲构造格局及其地质意义. 地质前沿, 2006, 13(2): 165—183
- 柳永清, 李佩贤, 田树刚, 等. 冀北滦平晚中生代火山碎屑(熔)岩中钻石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义. 岩石矿物学杂志, 2003, 22(3): 238—244
- 季强, 等. 中国辽西中生代热河生物群. 北京: 地质出版社, 2004, 104—375
- 张宏, 袁洪林, 胡兆初, 等. 冀北滦平地区中生代火山岩地层的锆石 U-Pb 测年及启示. 地球科学, 2005, 30(6): 707—720
- Zhang H, Liu XM, Zhang YQ, et al. The zircon U-Pb ages of bottom and top bed of the Zhangjiakou formation in Lingyuan Western Liaoning, Luanning Northern Hebei as well as its significance. Earth Sciences-Journal of China University of Geosciences, 2005, 16(2): 115—129
- 张宏, 柳小明, 高山, 等. 辽西凌源地区张家口组的重新厘定及其意义—来自激光 ICPMS 锆石 U-Pb 年龄的制约. 地质通报, 2005, 24(2): 110—117
- 杨进辉, 吴福元, 邵济安, 等. 冀北张—宣地区后城组、张家口组火山岩锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素. 地球科学, 2006, 31(1): 71—80
- Andersen T. Correlation of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb . Chemical Geology, 2002, 192: 59—79
- Yuan HL, Gao S, Liu XM, et al. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry. Geoanalytical and Geostandard Newsletters, 2004, 28(3): 353—370
- 张长厚, 吴鑫国, 徐德斌, 等. 燕山板内造山带中段中生代构造格局与构造演化. 地质通报, 2004, 23(9—10): 864—875
- Swisher CC, 汪筱林, 周忠和, 等. 义县组同位素年代新证据及土城子组 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定. 科学通报, 2001, 46(23): 2009—2013
- 王五力, 张宏, 张立君, 等. 土城子阶、义县阶标准地层剖面及其地层古生物、构造—火山作用. 北京: 地质出版社, 2004, 210—438
- 李大明, 陈丛林, 李齐, 等. 以火山岩层序剖面测年确定辽西四合屯古生物化石地层的年代. 岩石学报, 2006, 22(6): 1627—1632
- 邵济安, 张履桥, 储著银. 冀北早白垩世火山—沉积作用及构造背景. 地质通报, 2003, 22(6): 384—390
- 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1989, 220—280