

文章编号: 1000-6524(2003)03-0237-08

# 冀北滦平晚中生代火山碎屑(熔)岩中锆石 SHRIMP U<sub>Pb</sub> 年龄及其地质意义

柳永清, 李佩贤, 田树刚

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

**摘要:** 冀北滦平张家沟门村大北沟组上部首次发现凝灰岩和凝灰质砂岩层, 其中单颗粒锆石 SHRIMP U<sub>Pb</sub> 年龄为  $133.9 \pm 2.5$  Ma,  $130.1 \pm 2.5$  Ma, 并新测得井上村东张家口组顶部流纹质强熔结凝灰岩单颗粒锆石 SHRIMP U<sub>Pb</sub> 年龄为  $135.4 \pm 1.6$  Ma。综合研究及对比表明, 滦平盆地含热河生物群岩系层序较为齐全, 热河生物群应萌发于 135 Ma; 大北沟组-大店子组界线年代为 130 Ma。该界线年代的确定有助于侏罗-白垩系界线年代的研究。

**关键词:** 张家口组; 大北沟组; 大店子组; 单颗粒锆石 SHRIMP U<sub>Pb</sub> 年龄; 热河生物群; 滦平; 冀北

中图分类号: P597+.3; P534.5

文献标识码: A

## SHRIMP U<sub>Pb</sub> zircon age of Late Mesozoic tuff(lava) in Luanping basin, northern Hebei, and its implications

LIU Yong-qing, LI Peixian and TIAN Shu-gang

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

**Abstract:** The recently discovered bedded tuff and tuffaceous sandstone within the Dabeigou Formation in Luanping basin of northern Hebei were dated by SHRIMP zircon U<sub>Pb</sub> technique at  $133.9 \pm 2.5$  Ma and  $130.1 \pm 2.5$  Ma respectively. The SHRIMP zircon U<sub>Pb</sub> age of  $135.4 \pm 1.6$  Ma for the top tufflava of the Zhangjiagou Formation at eastern Jingshang Village was also obtained. A comprehensive study indicates that a complete Jehol biota-bearing succession is deposited in Luanping basin of northern Hebei, and that 135 Ma is the lowest chronohorizon from which Jehol biota appeared. The authors hold that the boundary between Dabeigou Formation and Dadianzi Formation is 130 Ma in age, the data is helpful to the study of the boundary between Jurassic and Cretaceous.

**Key words:** Zhangjiakou Formation; Dabeigou Formation; Dadianzi Formation; SHRIMP zircon U<sub>Pb</sub> age; Jehol biota; Luanping; northern Hebei

地层划分与对比及同位素年龄的确定是地层学最基础的研究内容。燕辽地区热河生物群是当前地层学、古生物学研究的热点。近年来, 我国对热河生物群的古生物学研究已经取得了不少世界领先的研究成果, 同时也带动了相关地层、盆地和沉积学研究

工作的深入开展, 但仍有许多相关的内容亟待多学科的综合与深入研究。冀北滦平盆地地质构造相对简单, 晚中生代地层发育良好, 特别是保存有完整、连续的侏罗-白垩纪沉积序列(图 1), 大北沟组-大店子组-西瓜园组是冀北-辽西地区出露较为齐全并可

收稿日期: 2003-02-25; 修订日期: 2003-06-06

基金项目: 国土资源部地质大调查资助项目(DKD2001019); 国土资源部国际合作与科技司资助项目(200010404)

作者简介: 柳永清(1960-), 男, 研究员, 沉积地质学和地层层学专业, E-mail: liuyongqing@bj163.com

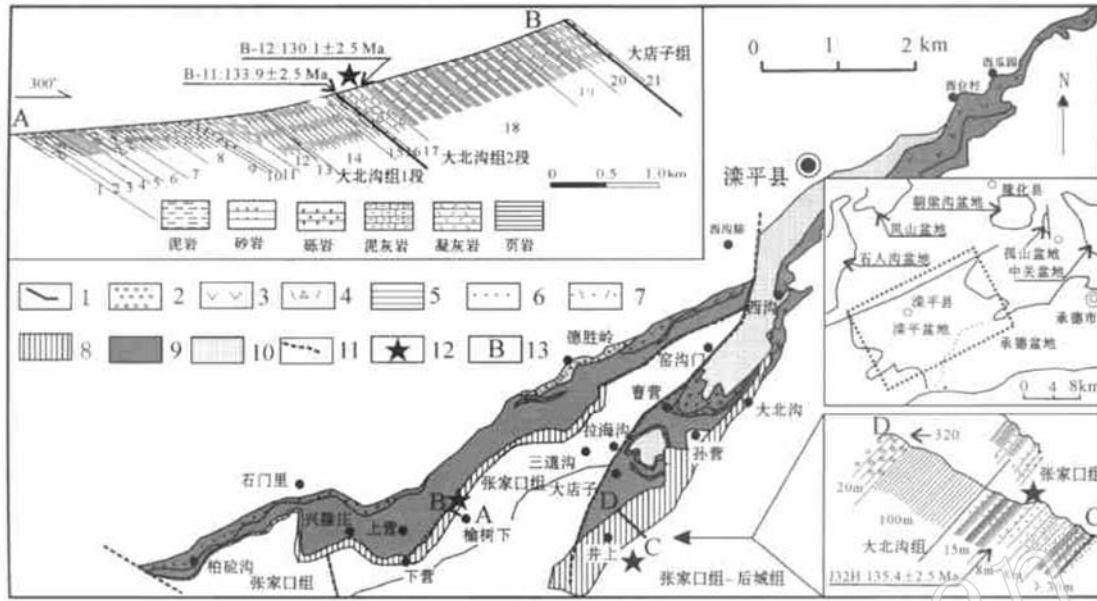


图1 研究区地质简图和剖面略图

Fig. 1 Schematic geological map and sections

- 1—实测剖面位置; 2—砾岩; 3—安山岩或玄武安山岩; 4—流纹质或弱碱性熔结凝灰(角砾)岩; 5—泥页岩; 6—砂岩; 7—流纹质或弱碱性熔结(层)凝灰岩; 8—大北沟组; 9—大店子组; 10—西瓜园组; 11—断裂; 12—测年样品位置; 13—样品采集点剖面图
- 1—section location; 2—conglomerate; 3—andesite or basaltic andesite; 4—rhyolitic or weak alkali welded tuffaceous breccia; 5—pelitic shale; 6—sandstone; 7—rhyolitic or weak alkali ignimbrite; 8—Dabegou Formation; 9—Dadianzi Formation; 10—Xiguayuan Formation; 11—fault; 12—sample location; 13—section of sampling location

作为对比标准的含热河生物群岩系。近年来,笔者在滦平盆地大北沟组-大店子组界线层段生物地层研究中取得了重要的进展,不仅发现并实测了火斗山乡张家沟门村大北沟组-大店子组剖面,而且在古生物地层、岩石地层和沉积岩相环境等方面取得了许多新成果(李佩贤等, 2000; 柳永清等, 2001, 2002; 牛绍武等, 2002, 2003; 庞其清等, 2002),积累了丰富的实物资料。最近,笔者在大北沟组上部首次发现了2层凝灰岩和凝灰质砂岩夹层,从而使测定大北沟组-大店子组界线及热河动物群爆发年代数据有了物质基础。

## 1 样品特征

样品 J32H 为流纹质强熔结凝灰岩,采于井上村东张家口组顶部,其上距大北沟组底约 15 m 左右。B11 和 B12 分别采自张家沟门村榆树下实测剖面大北沟组一段 16 和 17 层,距离上覆大店子组底部 40 m(图 1)。B11 为粘土质流纹质凝灰岩,浅灰绿色,野外呈层状产出,镜下呈凝灰结构,块状构造,主要由流纹质岩石的晶屑、玻屑、岩屑和火山微尘组成,

并含粘土类矿物 50% 左右,碎屑明显呈定向排列。晶屑以钾长石和石英为主,斜长石和黑云母少,次棱角状,长石普遍粘土化或绢云母化,石英有的呈熔蚀状,黑云母呈挠曲状,长轴方向性明显,绿泥石化强烈;岩屑的成分为流纹岩、粗面岩、石英岩、硅质岩和碳酸盐岩等,有的明显褐铁矿化;玻屑已变成粒状长石和石英等;副矿物除锆石外还有磁铁矿和磷灰石等。B12 为凝灰质含砾砂岩,浅灰绿色,野外呈层状产出,镜下具凝灰含砾砂状结构,块状构造,主要由凝灰质成分和正常沉积物组成。凝灰质成分(25%~30%)主要为半塑性、塑性岩屑,晶屑、玻屑和火山微尘次之。岩屑为流纹质岩石;晶屑棱角-次棱角状,主要为长石,普遍粘土化或绢云母化;玻屑已变成纤维状长英矿物等,石英少;正常沉积物为砾石和砂粒,次圆状,砾级成分(15%~20%)主要为流纹岩、粗安岩等,砂级以下的颗粒为长石、石英、云母等(50%),粘土化和绢云母化,填隙物为粘土质杂基和铁质胶结物(5%);副矿物除锆石外还有磁铁矿和磷灰石等。

据显微镜下观察,各样品选出的锆石皆呈明显的透明-半透明,无色或淡黄色、微紫色,晶形为等轴

状或柱状,自形晶、半自形晶较多,锆石的晶面普遍保存完好,晶面平整没有明显的熔蚀和磨损痕迹,个别有磨损或增大痕迹,可能属喷发过程中从地层中

捕获的继承锆石。其中 B11 和 B12 样品的锆石环带构造较发育, J32H 中的锆石也有部分环带构造,它们皆属岩浆成因的锆石(图 2)。

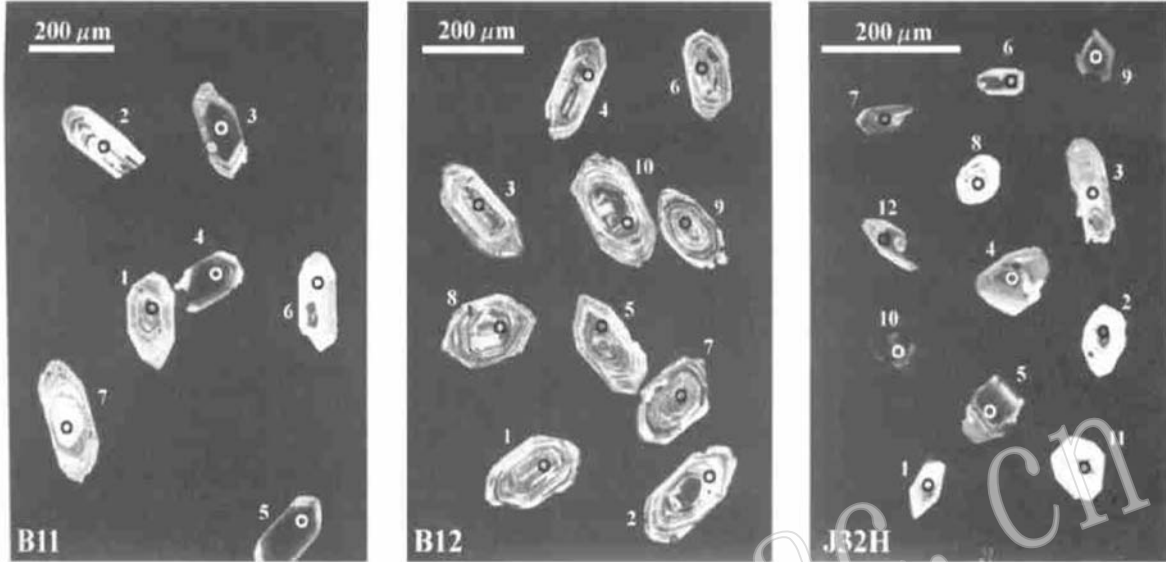


图 2 锆石的阴极发光照片

Fig. 2 Cathodoluminescence photos of zircon samples

## 2 SHRIMP 测年流程及结果

此次单颗粒锆石 SHRIMP 年龄测试是在北京离子探针中心进行的。用常规方法将岩石样品粉碎至约 300  $\mu\text{m}$ , 直接手工淘洗、分选后,在镜下挑选 100% 纯锆石,然后镶于样品靶上。样品靶表面经研磨抛光,直至锆石新鲜截面露出。对靶上锆石进行镜下反射光和投射光图像拍照后,再进行镀金,最后装入 SHRIMP II 激光质谱仪上以备分析。SHRIMP 锆石 U-Th-Pb 分析以强度为 4~8 nA 的一次离子流以 45° 入射并轰击锆石表面,激光束二次离子经能量聚焦和质量聚焦后由离子计数器收集,并依据参考靶上的标准样 SLB 进行修正。对未知锆石的分析参考锆石样的分析交错进行,以保证适时监控和修正结果的准确性。数据处理及年龄计算采用软件 Squid 1.0 (Ludweg) 及 Isoplot (Ludweg)。普通铅采用实测的  $^{204}\text{Pb}$  进行扣除。最终采用的年龄结果为  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  值年龄的加权平均值,其误差为  $2\sigma$ 。SHRIMP 年龄测试结果见表 1 及图 3。

J32H 样品共测定 12 个点,全部测试数据落在一致曲线之上,其中 10 个点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄加权

平均值为  $135.4 \pm 1.6 \text{ Ma}$ , 代表张家口组顶部或张家口组上限年龄。另两个点年龄分别为  $295 \pm 5 \text{ Ma}$  和  $194.4 \pm 3.1 \text{ Ma}$ , 其测点锆石呈浑圆状,可能是火山碎屑岩中夹杂的老地层中的不同世代矿物。B11 和 B12 为相邻层位的上下样品, B11 测定 7 个点, B12 测定 10 个点。值得注意的是它们的全部测试数据相对远离谐合曲线,可能是以下原因所致: ① 标准样的选择有一定的误差,需进一步通过实验加以修正; ② 由于测试样品基本上属于正常沉积岩和火山碎屑岩的过渡岩类,因此在沉积过程中继承锆石会发生一些变化使其不新鲜,或经过一定距离和时间的沉积改造,锆石产生破碎和裂纹,破碎裂纹会导致铀含量不均匀,而测点恰好打于此。图 3 中还可见 B11 样品一颗锆石具 350 Ma 的年龄,它可能是岩浆喷发过程中从地层中捕获的老锆石的年龄。排除上述影响后,计算出 B11 锆石 5 个点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄加权平均值为  $133.9 \pm 2.5 \text{ Ma}$ , B12 锆石 10 个点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄加权平均值为  $130.1 \pm 2.5 \text{ Ma}$ , 因 B11 和 B12 为大北沟组中上部相邻层位的上下样品,所以该层沉凝灰岩的 2 个锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄平均值约为 132 Ma, 应为大北沟组中上部的地质年龄。

表1 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测试数据  
Table 1 SHRIMP U-Pb Zircon age data

样号	U		Th		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	同位素比值				年龄/Ma						
	$^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$			
B12	1	301.47	225.82	-	5.41	0.77	0.0549	±4.6	0.1585	±4.9	0.02093	±1.7	133.5	±2.2	409	±100
	2	367.16	359.21	0.83	6.64	1.01	0.0441	±7.4	0.1268	±7.6	0.02086	±1.6	133.1	±2.1	-106	±180
	3	243.42	179.50	4.01	4.44	0.76	0.050	±26	0.140	±26	0.02038	±2.3	130.0	±2.9	185	±600
	4	200.64	219.94	3.60	3.48	1.13	0.0253	±37	0.068	±37	0.01948	±2.1	124.4	±2.6	-1720	±1300
	5	225.33	160.25	3.55	3.97	0.73	0.026	±64	0.070	±64	0.01976	±2.7	126.1	±3.3	-1660	±2200
	6	109.78	87.26	3.75	1.94	0.82	0.035	±42	0.096	±42	0.01978	±2.8	126.3	±3.5	-690	±1200
	7	236.43	145.74	3.56	4.22	0.64	0.0182	±30	0.050	±30	0.02004	±1.8	127.9	±2.3	-3070	±1500
	8	167.76	96.55	4.33	2.96	0.59	0.019	±55	0.051	±55	0.01968	±2.3	125.6	±2.8	-2900	±2600
	9	248.96	213.27	0.81	4.46	0.89	0.0442	±8.8	0.126	±9.0	0.02070	±1.8	132.0	±2.3	-101	±220
	10	440.37	407.45	-	7.87	0.96	0.0518	±3.5	0.1489	±3.8	0.02083	±1.5	132.9	±2.0	278	±81
B11	1	297.16	162.87	0.70	5.43	0.57	0.0437	±9.5	0.127	±9.7	0.02110	±1.7	134.6	±2.3		
	2	156.28	231.04	3.70	2.72	1.53	0.030	±45	0.080	±45	0.01951	±2.5	124.6	±3.1		
	3	466.84	312.25	0.58	8.58	0.69	0.0474	±4.2	0.1390	±4.4	0.02127	±1.5	135.7	±2.0		
	4	1242.51	696.54	0.46	22.5	0.58	0.0468	±2.6	0.1353	±2.9	0.02098	±1.3	133.8	±1.8		
	5	933.59	672.05	0.26	16.7	0.74	0.0478	±3.0	0.1366	±3.3	0.02072	±1.4	132.2	±1.8		
	6	74.74	85.08	5.27	1.43	1.18					0.0211	±6.0	134.5	±8.0		
	7	119.77	24.78	1.87	5.29	0.21	0.0457	±15	0.318	±15	0.0505	±2.1	317.5	±6.6		
J32H	1	147.88	113.25	0.23	2.72	0.79	0.0543	±13	0.160	±13	0.02134	±2.1	136.1	±2.8	382	±300
	2	264.89	159.09	-	4.72	0.62	0.0573	±13	0.166	±13	0.02097	±2.0	133.8	±2.6	503	±290
	3	101.03	62.90	3.01	1.88	0.64	0.0287	±13	0.083	±13	0.02105	±2.2	134.3	±2.9	-1298	±420
	4	167.26	101.59	2.22	3.07	0.63	0.0297	±25	0.086	±25	0.02090	±2.1	133.3	±2.8	-1185	±770
	5	285.70	218.60	0.64	5.32	0.79	0.0449	±6.0	0.1332	±6.3	0.02152	±1.7	137.2	±2.3	-62	±150
	6	387.12	315.07	-	7.01	0.84	0.0503	±3.2	0.1463	±3.6	0.02108	±1.6	134.5	±2.2	210	±75
	7	307.48	182.74	0.34	5.75	0.61	0.0483	±11	0.145	±12	0.02169	±1.8	138.3	±2.5	116	±270
	8	177.67	171.20	0.50	7.18	1.00	0.0492	±6.9	0.317	±7.1	0.04683	±1.7	295.0	±5.0	155	±160
	9	445.56	340.04	2.67	8.27	0.79	0.0372	±14	0.108	±14	0.02102	±1.7	134.1	±2.3	-543	±390
	10	373.33	265.85	0.63	9.88	0.74	0.0449	±8.2	0.190	±8.3	0.03062	±1.6	194.4	±3.1	-61	±200
	11	98.72	43.67	-	1.80	0.46	0.077	±17	0.234	±17	0.02201	±2.7	140.4	±3.8	1121	±340
	12	402.28	306.74	1.90	7.45	0.79	0.0405	±12	0.118	±12	0.02114	±1.7	134.9	±2.3	-319	±320

误差为1σ; Pb<sup>c</sup> and Pb<sup>b</sup> 分别表示普通铅和放射性成因铅; 标准校正的误差是0.4%; 应用实测的<sup>204</sup>Pb校正普通铅。

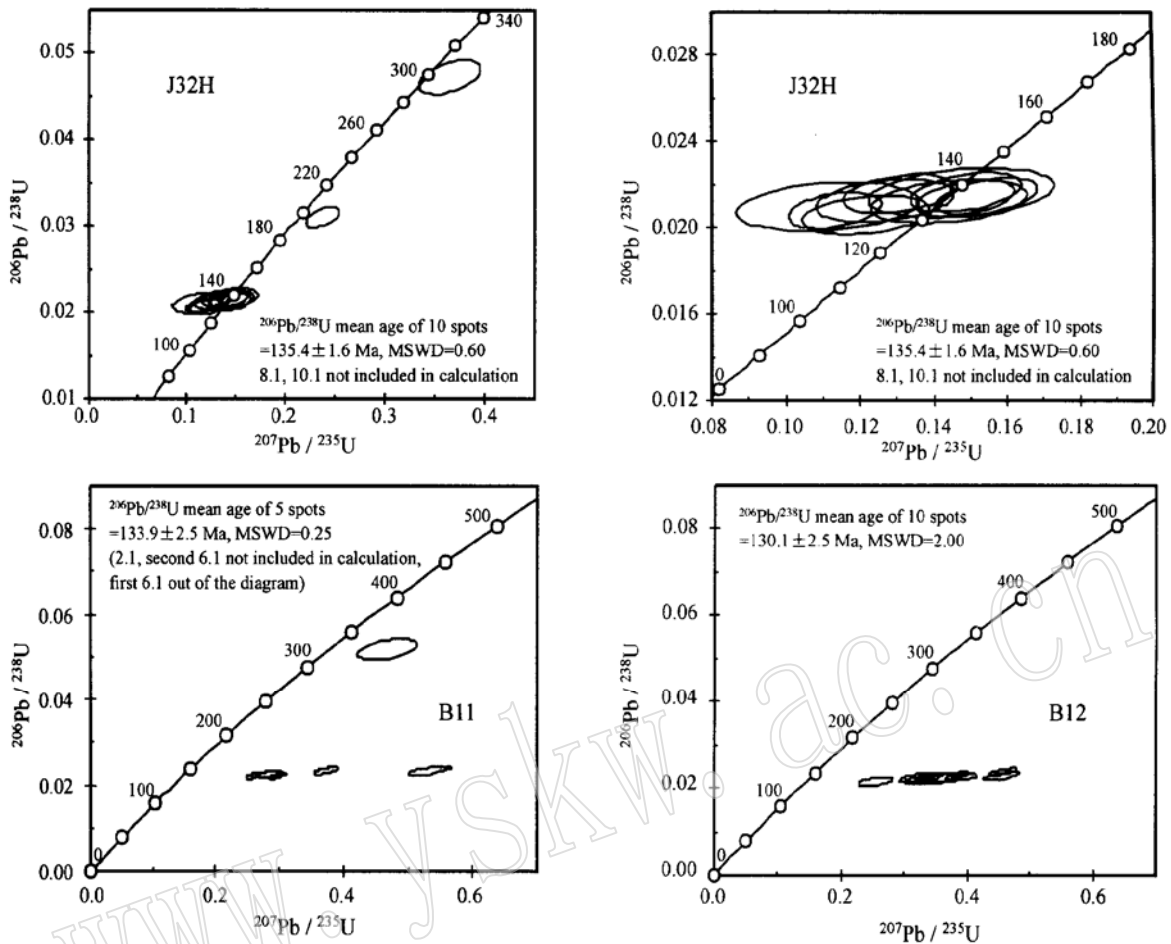


图 3 冀北滦平盆地张家口组顶部和大北沟组上部锆石 U-Pb 同位素测年结果谐合图

Fig. 3 Zircon U-Pb isotopic age concordia charts for the top part of Zhangjiakou Formation and the upper part of Dabeigou Formation in Luanping basin, northern Hebei

上述数据和测试的年龄是首次应用沉积地层中发育的凝灰岩夹层所获得的, 目前在最终数据结果上具有合理性, 但是在实验、测试方法和手段以及解释上都有待进一步深入研究和完善。

### 3 地质意义

#### 3.1 确定大北沟组-大店子组界线年龄

虽然大北沟组-大店子组生物地层界线是否代表侏罗-白垩系界线至今仍有争议, 但滦平盆地前期的系统研究工作已经非常明确地给出了大北沟组-大店子组地层序列中生物地层界线及其多重的划分标准, 上述测定的同位素年龄进一步确定了该界线的年代, 可能有助于侏罗-白垩系界线划分和年代的讨论。

20 世纪 90 年代以来, 国际上侏罗-白垩系界线

同位素年龄主要有 3 种划分方案。国际地层委员会在最新的年表中列出了白垩系分会建议使用的  $144.2 \pm 2.6$  Ma 和 Odin 建议的  $135 \pm 5$  Ma 两种方案 (Remane *et al.*, 2000)。Allen & Wimbledon (1991) 和 Ogg 等 (1991) 则分别主张采用 141 Ma 或 142 Ma 的中间方案。由于欧洲侏罗-白垩纪海相沉积地层中的年龄数据多是海绿石的 K-Ar 年龄, 被大多数同位素年代学者视为比实际年龄偏新 (Gradstein *et al.*, 1995), 以至主持系统年龄测定和年代学研究并取得大量年龄数据的 Odin 也没有坚持使用 130 Ma 的侏罗-白垩系界线年龄, 而是综合了国际上有关成果, 建议采用 135 Ma 的划分方案 (Odin, 1988, 1993)。在国内, 由于长期以来大北沟组-大店子组界线上下没有发现供放射性同位素年龄测定的适宜样品, 因而多年来也未获得相应的数据。研究区大北沟组-大店子组使用得最多的同位素年龄数据是:

1979年中科院地质所测得的、采自井上村东南姚营子附近张家口组下部流纹岩的全岩等时线年龄145.3 Ma(胡华光等,1982);中国地质科学院地质所同位素室分别于1987、1997年测得的、采自南李营和大店子东沟剖面的两个玄武安山岩(大店子组3段底部)全岩<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar阶段升温年龄137.0 Ma和136.0 Ma(罗修泉等,1997)。1997年罗修泉等依据当时对滦平盆地的井上-大店子东沟和大北沟剖面地层研究取得的成果及年龄数据,推算出大北沟组-大店子组界线年龄为140±1 Ma。因此,目前无论国际还是国内关于侏罗系与白垩系的界线年龄一直未能统一。国内许多学者认为研究区大北沟组-大店子组界线就是侏罗系与白垩系的界线(牛绍武等,2002,2003;庞其清等,2002;李佩贤等,2000),因此,该界线年代的确定具有重要意义。为取得可靠数据 and 对比需要,笔者正在进行单颗粒长石和全岩<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年龄的测试,新的数据将陆续获得。

B11和B12样品位于大北沟组中上部,距大店子组底不足40 m,因此,大店子组底界年龄应小于这两个样品锆石<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U平均年龄132 Ma。张家口组顶部的J32H样品单颗粒锆石SHRIMP U/Pb同位素年龄为135.4±1.6 Ma,其与上部B11和B12

取样点间沉积地层厚度为66.58 m,估算平均沉积速率为36.99~13.32 m/Ma。假设大北沟组上下沉积速率差异不大,那么取样点B11和B12至大店子组底界的时间间隔则为1.08和3.00 Ma(平均2.04 Ma),故此,大店子组底界年龄应为130.92~129 Ma,均值129.96 Ma,亦即大北沟组-大店子组界线年代约为130 Ma。该年龄明显偏新于现国际上推荐的侏罗-白垩系界线划分方案144或135 Ma,但它是否能代表侏罗-白垩系界线的年代还需要今后进一步工作验证。

### 3.2 热河生物群萌发年代

冀北-辽西地区热河生物群及其赋存岩系历经近20余年的研究,积累了100多个测年数据(公开发表的、依据不同层位、测试对象和各种技术方法),但却给出了144~110 Ma的“庞大”年代区间(图4)。辽西热河生物群岩系的主体义县组火山岩同位素年龄数据在135 Ma-120 Ma之间。季强、陈文等(口头交流,2003)在2000~2002年期间,曾应用SHRIMP U/Pb同位素测年方法,在北票四合屯含鸟地层获得了80多个125~127 Ma的同位素年龄数据。

滦平盆地含热河生物群岩系包括大北沟组-大

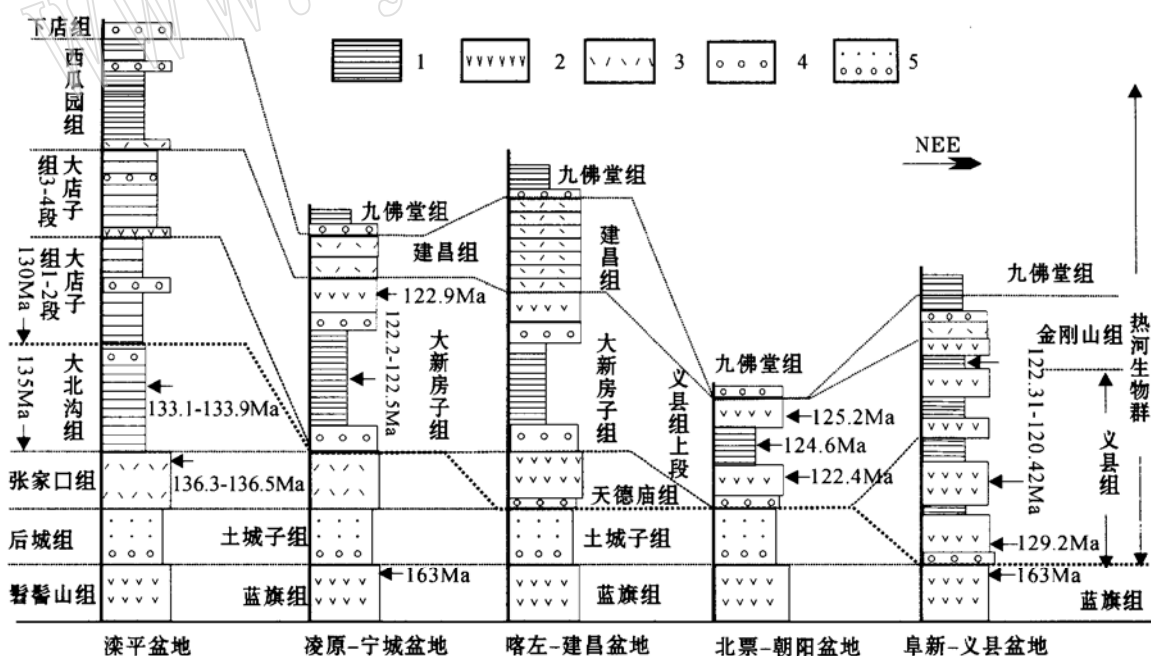


图4 冀北-辽西地区含热河生物群岩系地层柱状对比图(不表示比例尺)

Fig. 4 Stratigraphic correlation of the Jehol biota-bearing succession in northern Hebei and that in western Liaoning  
 1—泥页岩; 2—安山岩、玄武安山岩; 3—流纹质或弱碱性熔结凝灰岩; 4—砾岩; 5—粉砂岩、砂岩和砾岩韵律  
 1—pelitic shale; 2—andesite and basaltic andesite; 3—rhyolitic or weak alkali ignimbrite; 4—conglomerate;  
 5—rhythm of siltstone, sandstone and conglomerate

店子组-西瓜园组-下店组,下伏岩系为张家口组火山岩;辽西地区含热河生物群岩系则为义县组-九佛堂组,下伏岩系不尽相同,由西至东分别为蓝旗组、土城子组和张家口组(图4)。图4中的同位素年龄数据除来自本项研究外,分别引自牛宝贵等(2003)、季强口头资料(2003)、陈义贤等(1997)、汪筱林等(1998)、朱曰祥等(2002)、王松山等(2001)、Swisher等(1999)、Smith等(1995)、阜新-义县盆地义县组和金刚山组涵义据李佩贤等(2001),喀左-建昌盆地和凌源-宁城盆地大新房子组和建昌组涵义转引自王五力等(1989)。综合研究与对比表明,辽西地区含热河生物群岩系普遍缺失下段,即不发育相当于滦平盆地大北沟组-大店子组1~2段的地层。也就是说,冀北滦平盆地发育和保存着较为完整的含热河生物群岩系,因而,张家口组同位素测年数据可视为热河生物群萌发年代。

最近牛宝贵等(2003)应用 SHRIMP U-Pb 同位素测年方法,得出了冀北(承德、滦平)张家口组下部火山岩(流纹岩)  $135.8 \pm 3.1$  和  $136.3 \pm 3.4$  Ma 的年龄数据(岩石样品采自本文研究区内,但取样点不同),与本文从不同地点的相同层位应用同样测年方法得到的  $135.4 \pm 1.6$  Ma 较一致,充分说明辽西-冀北热河生物群萌发年代应晚于 135 或 136 Ma。结合以往成果与数据,笔者认为 135 Ma 应视为热河生物群萌发年代,无论其属于侏罗纪或白垩纪,还是跨越侏罗-白垩纪发育,它对应发育的完整沉积序列应为滦平盆地大北沟组-大店子组-西瓜园组-下店组(由下至上)(图4)。

## 4 结论和建议

综合上述研究成果,得出如下结论:

(1) 滦平盆地张家沟村大北沟组上部发育沉凝灰岩和凝灰质砂砾岩层,沉凝灰岩中单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为  $133.9 \pm 2.5$  Ma 和  $130.1 \pm 2.5$  Ma, 均值 132 Ma, 下伏张家口组顶部流纹质强熔结凝灰岩单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为  $135.4 \pm 1.6$  Ma。

(2) 综合对比和实际测年数据结果表明,130 Ma 作为大北沟组-大店子组界线年代且热河生物群萌发于 135 Ma 是适宜的,而前者是否代表侏罗-白垩系界线的年代还需要今后进一步工作来确定。

(3) 冀北滦平盆地发育和保存着最为完整的含

热河生物群岩系,大北沟组-大店子组-西瓜园组-下店组为其对应的沉积序列。

滦平盆地在大北沟组-大店子组-西瓜园组沉积序列中,发育有多期火山活动产物——安山岩、潜安山岩、粗面质或流纹质熔结凝灰角砾岩和特殊的沉凝灰岩层,这些岩石及其中的矿物都是公认的测定放射性同位素年龄最好的对象,笔者希望通过不同实验室合作,取得更多经得起检验的重复实验的数据与成果,建立该序列的地质年谱,同时希望实验阶段的各个程序和方法技术能尽快完善和提高。

**致谢** 参加本项工作的还有石家庄经济学院庞其清教授、天津地质矿产研究所牛绍武研究员等,单颗粒锆石 SHRIMP 年龄为北京离子探针中心测试,中国地质科学院地质研究所季强研究员和金小赤研究员审阅了全文,提出了具体的修改意见,在此一并表示感谢!

## Reference

- Allen P and Wimbledon W A. 1991. Correlation of NW European Purbeck\_Wealden (nonmarine Lower Cretaceous) as seen from the English\_type areas[J]. *Cretaceous Research*, 12: 511~ 526.
- Chen Yixian and Chen Wenji. 1997. Mesozoic Volcanic Rocks in the Western Liaoning and Neighboring Area[M]. Beijing: Seismic Publishing House, 10~ 28, 100~ 217(in Chinese).
- Gradstein F M, Agterberg F P, Ogg J G, et al. 1995. A Triassic, Jurassic and Cretaceous time scale[J]. *SEPM Spec. Publ.*, 54: 95 ~ 126.
- Hu Huaguang and Hu Shiling. 1982. A study on the age of the Jurassic and Cretaceous volcanic rocks stratigraphy based upon isotopic data [J]. *Acta Geologica Sinica*, 56(4): 315~ 323(in Chinese with English abstract).
- Li Peixian, Cheng Zhengwu and Pang Qiqing. 2001. The horizon and age of the *Confuciusornis* in Beipiao, Western Liaoning[J]. *Acta Geologica Sinica*, 75(1): 1~ 13 (in Chinese with English abstract).
- Li Peixian, Pang Qiqing, Cheng Zhengwu, et al. 2000. The Jurassic-Cretaceous boundary and stage in the Northern China[A]. *Proceedings of the 3rd National Stratigraphical Conference of China*[C]. Beijing: Geological Publishing House, 243~ 251(in Chinese).
- Liu Yongqing, Pang Qiqing, Li Peixian, et al. 2002. Advances in the study of non\_marine Jurassic-Cretaceous biostratigraphical boundary and candidate stratotype in Luanping basin, northern Hebei[J]. *Geological Bulletin of China*, 21(3): 176~ 180(in Chinese with English abstract).
- Liu Yongqing, Tian Shugang, Li Peixian, et al. 2001. The deposition and stratigraphy of late Jurassic Dabeigou Formation & early Cretar

- ceous Dadianzi Formation and its implications in stratotype, Luanping basin, northern Hebei[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(5): 391~ 396 (in Chinese with English abstract).
- Luo Xiuquan and Li Peixian. 1997. A study on the boundary age between Jurassic and Cretaceous[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 18(3): 242~ 247(in Chinese with English abstract).
- Niu Baogui, He Zhengjun, Song Biao, *et al.* 2003. SHRIMP dating of the Zhangjiakou Formation volcanic rocks and implications[J]. *Geological Bulletin of China*, 22(2): 140~ 141(in Chinese with English abstract).
- Niu Shaowu, Li Peixian, Tian Shugang, *et al.* 2002. New research progress of conchostracon fossils from the Dabeigou Formation in the Luanping Basin, Hebei, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 21(6): 322~ 328(in Chinese with English abstract).
- Niu Shaowu, Li Peixian, Tian Shugang, *et al.* 2003. Discovery of conchostracon genus *Clithrograpta* and its significance in the Dadianzi Formation, Luanping basin, northern Hebei [J]. *Geological Bulletin of China*, 22(2): 95~ 104 (in Chinese with English abstract).
- Ogg J G, Hasenyager R W, Wimbledon W A, *et al.* 1991. Magnetostratigraphy of the Jurassic-Cretaceous boundary interval Tethyan and English faunal realms[J]. *Cretaceous Research*, 12.
- Odin G S. 1988. The Jurassic numerical time scale in 1988[J]. *Bull. Liaison and Informations, IGCP 196*, 7: 38~ 49.
- Odin G S. 1994. Phanerozoic Geological time scale[J]. *Bull. Liaison and Inf., IUGS Subcommittee on Geochronology*, 1~ 77.
- Pang Qiqing, Li Peixian, Tian Shugang, *et al.* 2002. Discovery of ostracodas in the Dabeigou and Dadianzi Formation at Zhangjiakou, Luanping county, northern Hebei Province of China and new progress in the biostratigraphic boundary study[J]. *Geological Bulletin of China*, 21(6): 329~ 338(in Chinese with English abstract).
- Remane J, Paris S, Muret A F, *et al.* 2000. Explanatory note to the international stratigraphic chart[J]. *Stratigraphic Bulletin of China*, 24 (suplement): 321~ 340(translated in Chinese).
- Smith P E, E vensen N M, York D, *et al.* 1995. Dates and rates in ancient lakes: Ar-Ar evidence for an Early Cretaceous age for the Jehol Group, northeast China[J]. *Can. J. Earth Sci.*, 32: 1426~ 1431.
- Swisher C C, Wang Y Q, Wang X L, *et al.* 1999. Cretaceous age for the feathered dinosaurs of Liaoning, China[J]. *Nature*, 400: 58~ 61.
- Wang Wuli, Zheng Shaolin, Zhang Lijun. *et al.* 1989. Mesozoic Stratigraphy and Paleontology in the Western Liaoning[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- Wang Xiaolin, Wang Yuanqing, Wang Yuan, *et al.* 1998. Stratigraphic sequence and vertebrate-bearing beds of the lower part of the Yixian Formation in Sihetun and neighboring area, western Liaoning, China[J]. *Vertebrate Palasiatica*, 36(2): 81~ 101(in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 陈义贤, 陈文寄. 1997. 辽西及邻区中生代火山岩[M]. 北京: 地震出版社, 10~ 28; 100~ 217.
- 胡华光, 胡世玲. 1982. 根据同位素年龄讨论侏罗、白垩纪火山岩系地层的年代[J]. *地质学报*, 56(4): 315~ 323.
- 李佩贤, 程政武, 庞其清, 2001. 辽西北票孔子鸟 *Confuciusornis* 的层位及年代[J]. *地质学报*, 75(1): 1~ 13.
- 李佩贤, 庞其清, 程政武, 等. 2000. 中国北方陆相侏罗系与白垩系分界和临界阶的建立[A]. 第三届全国地层会议论文集[C]. 北京: 地质出版社, 243~ 251.
- 柳永清, 庞其清, 李佩贤, 等. 2002. 冀北滦平陆相侏罗系-白垩系生物地层界线及候选层型研究进展[J]. *地质通报*, 21(3): 176~ 180.
- 柳永清, 田树刚, 李佩贤, 等. 2001. 滦平盆地大北沟组-大店子组沉积和地层格架及陆相层型意义[J]. *地球学报*, 22(5): 391~ 396.
- 罗修泉, 李佩贤. 1997. 侏罗-白垩系界线年代研究[J]. *地球学报*, 18(3): 242~ 247.
- 牛宝贵, 和政军, 宋彪, 等. 2003. 张家口组火山岩 SHRIMP 定年及其重大意义[J]. *地质通报*, 22(2): 140~ 141.
- 牛绍武, 李佩贤, 田树刚, 等. 2002. 冀北滦平盆地大北沟组叶肢介化石研究新进展[J]. *地质通报*, 21(6): 322~ 328.
- 牛绍武, 李佩贤, 田树刚, 等. 2003. 冀北滦平盆地大店子组中网雕饰叶肢介 *Clithrograpta* 属的发现及其意义[J]. *地质通报*, 22(2): 95~ 104.
- 庞其清, 李佩贤, 田树刚, 等. 2002. 冀北滦平张家沟大北沟组-大店子组介形类的发现及生物地层界线研究[J]. *地质通报*, 21(6): 329~ 338.
- Remane J 等. (金玉 等译), 2000. 国际地层表说明[J]. *地层学杂志*, 24(增刊): 321~ 340.
- 王松山, 王元青, 胡华光, 等. 2001. 辽西四合屯脊椎动物生存时代: 锆石 U-Pb 年龄证据[J]. *科学通报*, 46(4): 330~ 333.
- 王五力, 郑少林, 张立均, 等. 1989. 辽宁西部中生代地层古生物[M]. 北京: 地质出版社.
- 汪筱林, 王元青, 王原, 等. 1998. 辽西四合屯及周边地区义县组下部地层层序与脊椎动物化石层位[J]. *古脊椎动物学报*, 36(2): 81~ 101.
- 朱曰祥, 邵济安, 潘永信, 等. 2002. 辽西白垩纪火山岩古地磁测定与陆内旋转运动[J]. *科学通报*, 47(17): 1335~ 1340.