

新疆准噶尔盆地侏罗系齐古组凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄

王思恩, 高林志

WANG Si-en, GAO Lin-zhi

中国地质科学院地质研究所, 北京 100037

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

摘要:报道了准噶尔盆地获得侏罗纪齐古组凝灰岩精确的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 $164.6 \text{ Ma} \pm 1.4 \text{ Ma}$ (MSWD=1.3)。该年龄值几乎相当于国际地质年表中 Callovian 阶的底界年龄 ($164.7 \text{ Ma} \pm 4.0 \text{ Ma}$)。根据地层沉积速率推算, 齐古组上界年龄值应为 161.8 Ma , 接近 Callovian 阶的上界 ($161.2 \text{ Ma} \pm 4.0 \text{ Ma}$); 其上的喀拉扎组上界年龄大致在 160.0 Ma 左右, 此年龄值应位于牛津阶 (Oxfordian) 的下部。另外, 下白垩统下部清水河组的时代为早白垩世早期 (Berriasian)。由此得出: 齐古组的主体时代为中侏罗世卡洛期 (Callovian), 其下部跨入了巴通期最晚期 (late Late Bathonian); 喀拉扎组的时代可能仅为牛津期最早期 (early Early Oxfordian), 反映白垩系与侏罗系之间的不整合几乎缺失了整个上侏罗统, 由此推断晚侏罗世曾发生过一次较强烈的构造运动。

关键词:准噶尔盆地; 侏罗系齐古组; SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄

中图分类号: P534.52; P588.24⁺4

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2012)04-0503-07

Wang S E, Gao L Z. SHRIMP U-Pb dating of zircons from tuff of Jurassic Qigu Formation in Junggar Basin, Xinjiang. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(4):503-509

Abstract: There is an unconformity between Jurassic and Cretaceous. The authors obtained a SHRIMP U-Pb zircon age of $164.6 \text{ Ma} \pm 1.4 \text{ Ma}$ (MSWD=1.3) for tuff from so-called upper series of Jurassic Qigu Formation, and the age is almost the same as the bottom age of the Callovian ($164.7 \text{ Ma} \pm 4.0 \text{ Ma}$) in the International Geological Time Scale. According to the depositional rate of the formation, the upper boundary age should be 161.8 Ma , which is close to the upper boundary age of the Callovian ($161.2 \text{ Ma} \pm 4.0 \text{ Ma}$). However, the upper boundary age of the Kalaza Formation is about 160.0 Ma , which should be assigned to the lower part of the Oxfordian. The age of the lower Lower Cretaceous Qingshuihe Formation of should be early Early Cretaceous Berriasian period. So, the main age of the Qigu Formation is Middle Jurassic Callovian period. The lower part of the formation might have entered late Late Bathonian period. The age of the Kalaza Formation is probably early Early Oxfordian period. In fact, between the Jurassic and the Cretaceous the whole Upper Jurassic is absent, suggesting that a relatively strong tectonic movement occurred in Late Jurassic period.

Key words: Junggar Basin; Jurassic Qigu Formation; SHRIMP zircon U-Pb dating

1 地质背景

全国地层委员会 2010 年依据近年来国际地层委员会发表的地质年表, 将侏罗纪地层的时代限定

在 $199.6 \sim 145.5 \text{ Ma}$ 、白垩纪地层限定在 $145.5 \sim 65.5 \text{ Ma}$ 范围内^[1]。侏罗系与白垩系界线年龄值为 145.5 Ma , 这一年龄值可作为本文的重要参考依据之一。

新疆准噶尔盆地是中国北方陆相中生代地层比

收稿日期: 2011-09-20; 修订日期: 2011-12-20

资助项目: 中国地质调查局地调项目《全国多重地层表及说明书编制》(编号: 1212010811057) 和《全国陆相地层划分对比及海相地层完善》(编号: 1212011120142)

作者简介: 王思恩 (1935-), 男, 研究员, 从事中生代生物地层研究。E-mail: sienwang@cags.ac.cn

较发育的盆地之一,也是研究陆相地层划分、对比的理想地区。但是,侏罗系与白垩系之间为不整合或平行不整合接触,这一不整合究竟缺失了什么地层,时间间隔多长,意义何在,是一个至今尚未解决的问题。笔者拟从生物地层和同位素测年 2 个方面探讨这一问题。本文是本期前文《新疆噶尔盆地侏罗系—白垩系生物地层和同位素年龄研究的新进展》的姊妹篇,前一篇重点为生物地层,本文拟重点从同位素测年方面探讨侏罗纪与白垩纪地层的时代问题。准噶尔盆地侏罗系/白垩系界线附近的下白垩统吐鲁群自下而上划分为清水河组、呼图壁河组、胜金口组和连木沁组,其中清水河组的时代已由所含孢粉、介形虫、叶肢介化石定其时代为早白垩世早期(Berriasian)(见本期第一篇文章)。迄今的文献资料,都将侏罗系上统自下而上划分为齐古组、喀拉扎组^[2-3],但这 2 个组都是由红色碎屑岩组成的,化石极少,仅在齐古组发现介形虫 *Darwinula sarytirmensis*, *D. impudica*, 因此这 2 个组的时代难以精确确定。另人振奋的是,笔者对齐古组下部第 126 层凝灰岩^[4]获得了锆石 SHRIMP U-Pb 测年好的效果,对确定时代具有重要作用,兹报道如下。

2 准噶尔盆地侏罗纪齐古组凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年

近年来,U-Pb 年代学测试手段的不断提高,

SHRIMP 等技术的引进,特别是沉积地层凝灰岩中大量岩浆型锆石的获得,使地质学家将直接获得同沉积的年代学信息,为沉积地层的定年问题增加了新手段^[5]。本文将提供新疆准噶尔地区侏罗纪齐古组凝灰岩时代的新数据,进一步确定侏罗纪地层的年代和应隶属的一次侏罗纪最重要的火山活动事件。

2.1 侏罗纪齐古组凝灰岩样品采集

样品采自新疆准噶尔盆地南缘沙湾县玛纳斯河西侧红沟剖面齐古组下部第 126 层晶屑凝灰岩(图 1)。该层厚 11.74m,笔者在该层底部和顶部分别采集 2 个样品,编号为 HQ-1 和 HQ-2;采样坐标: N43°55'32"、E85°52'60"。样品野外露头照片和镜下显微照片见图版 I。本文所采集的凝灰岩样品的锆石 U-Pb 年龄具有侏罗纪地层划分和标定的重要年代学意义。

2.2 分析方法

锆石 U-Pb 年龄测定在北京离子探针中心的 SHRIMP-II 上进行,详细的分析流程见参考文献^[6]。分别采用标准锆石 TEM 和 SL13 进行元素间的分馏校正和 U 含量标定;其中 TEM 具有 U-Pb 谐和年龄,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $416.8\text{Ma} \pm 1.1\text{Ma}$,但 U、Th 和 Pb 含量不均一;SL13 的年龄为 572Ma, ^{238}U 含量为 $238 \times 10^{-6}[7-8]$ 。原始数据的处理和锆石 U-Pb 谐和图的绘制采用 Ludwig 博士编写的 Squid 和 Isoplot 程序^[9]。普通铅校正根据实测的 ^{204}Pb 进行,普

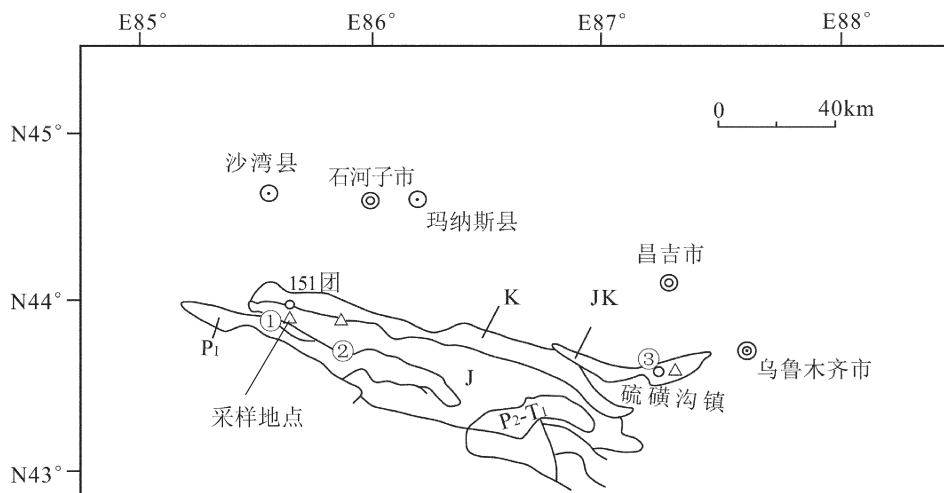


图 1 新疆准噶尔盆地南缘侏罗系—白垩系剖面及采样地点(据 1:200 万新疆维吾尔自治区地质图简化)

Fig. 1 Jurassic-Cretaceous sections and sampling localities on the southern margin of Junggar Basin, Xinjiang

①清水河剖面;②红沟剖面;③头屯河剖面;J—侏罗系;K—白垩系;

JK—侏罗系—白垩系;P₁—下二叠统;P₂-T₁—上二叠统—下三叠统

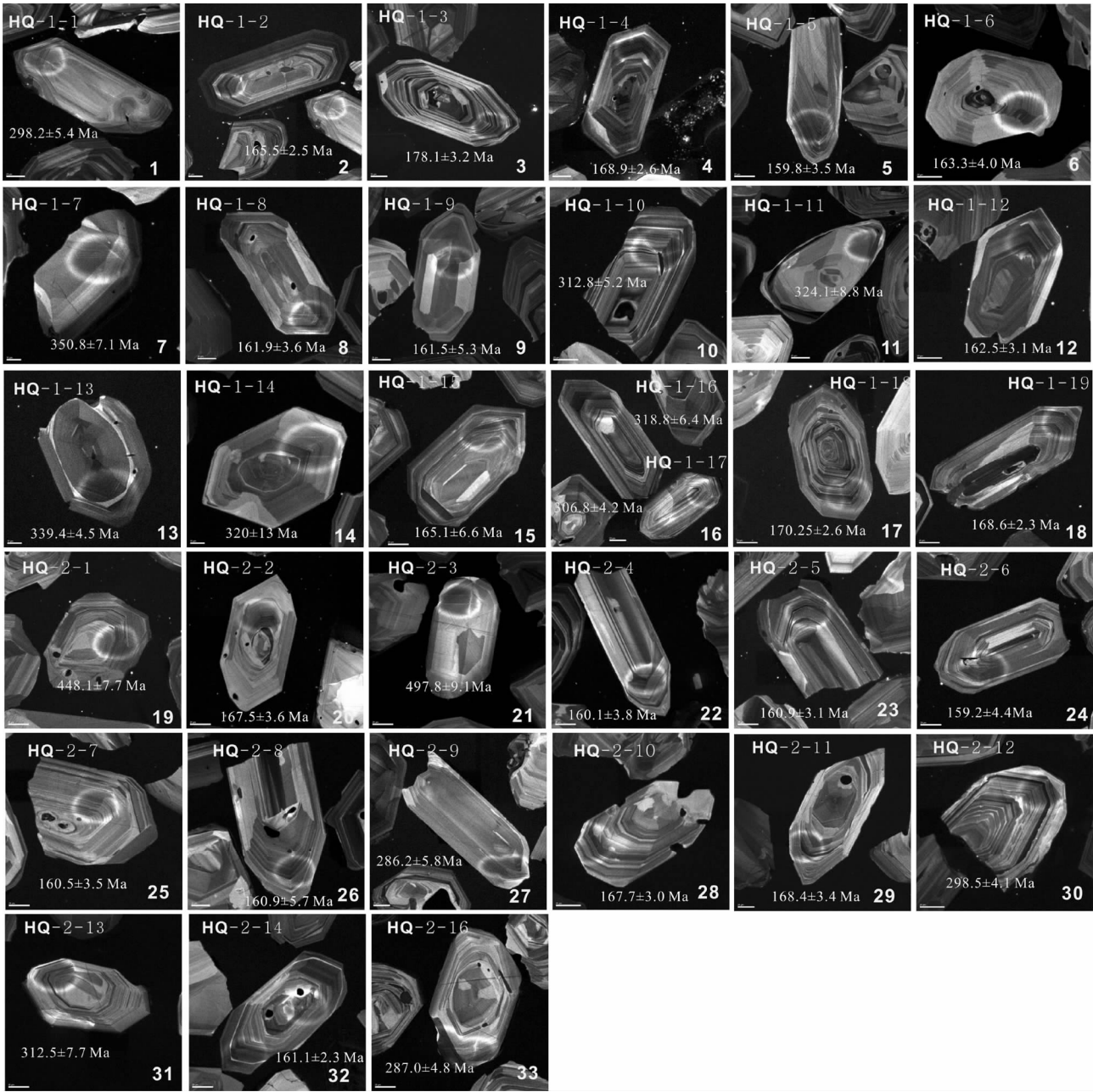


图 2 侏罗纪齐古组凝灰岩锆石特征(锆石比例棒代表 20 μ m)

Fig. 2 CL images of zircons in tuff from Jurassic Qigu Formation

通铅的组成根据 Stacey 等^[10]给出的模式计算得出的结果。数据表(表 1)中,年龄的误差为 1σ 绝对误差,同位素比值的误差为 1σ 相对误差;文中所使用的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值和谐和年龄计算值(Concordia age)具 95%的置信度误差。

2.3 分析结果

锆石阴极发光(CL)图像的特征:所采锆石虽形

态不相同,但是 CL 图像显示它们具有典型的岩浆生长振荡环带和韵律结构,均属于岩浆结晶的产物(图 2)。靶台上锆石样品在锆石的 CL 图像显示下,对照可见光下的锆石特征进行标点选样,排除具裂隙和包裹体的锆石颗粒。HQ-1 和 HQ-2 样品的锆石晶型较好,为浅黄色—无色透明钝圆形晶体。锆石粒度多在 100~200 μ m 之间(图 2)。

图版 I Plate I



A. 新疆沙湾县红沟侏罗纪齐古组剖面野外照片,黑线示第 126 层凝灰岩
B. 样品 HQ-1(126 层底部凝灰岩)野外照片
C. 样品 HQ-2(126 层顶部凝灰岩)野外照片
D. HQ-1-1 为 HQ-1 样品晶屑凝灰岩镜下显微照片(薄片,正交偏光)
E. HQ-2-1 为 HQ-2 样品晶屑凝灰岩镜下显微照片(薄片,正交偏光)

锆石的 U、Th 含量和 Th/U 比值:大量的研究表明(表 1),岩浆锆石的 U、Th 含量较高,Th/U 比值较大(一般大于 0.4)。齐古组凝灰岩样品(HQ-1 和 HQ-2)35 颗锆石,35 个测点中 U 含量变化范围

为 $67\times 10^{-6}\sim 543\times 10^{-6}$;Th 含量变化范围为 $53\times 10^{-6}\sim 568\times 10^{-6}$;Th/U 值变化范围为 0.22~1.11(表 1)。上述这些分析点均位于明显的岩浆环带部位。

锆石 U-Pb 年龄:凝灰岩样品(HQ-1 和 HQ-

表 1 侏罗纪齐古组凝灰岩样品(HQ-1 和 HQ-2)SHRIMP U-Pb 同位素测定结果

Table 1 SHRIMP zircons U-Pb analytical results of tuff from Jurassic Qigu Formation(HQ-1 and HQ-2)

测 点	²⁰⁶ Pb _c /%	U /10 ⁻⁶	Th /10 ⁻⁶	²³² Th / ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb* /10 ⁻⁶	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄/Ma	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄/Ma	不谐 和性/%	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb* ±%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U ±%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ±%	误差相 关系数
HQ-1-1	2.02	152	72	0.49	6.32	298.2±5.4	233± 330	-28	21.12±1.9	0.0508±14	0.332±14	0.129
HQ-1-2	1.04	459	178	0.40	10.4	165.5±2.5	188± 140	12	38.46±1.5	0.0499± 6.0	0.179±6.2	0.246
HQ-1-3	1.80	398	350	0.91	9.77	178.1±3.2	182± 390	2	35.70±1.8	0.0497±17	0.192±17	0.110
HQ-1-4	0.66	858	837	1.01	19.7	168.9±2.6	246±95	31	37.67±1.6	0.0511± 4.1	0.1871±4.4	0.355
HQ-1-5	3.72	250	53	0.22	5.60	159.8±3.5	88± 530	-81	39.83±2.2	0.048±22	0.165±23	0.098
HQ-1-6	4.83	106	86	0.83	2.46	163.3±4.0	505± 480	68	38.99±2.5	0.057±22	0.203±22	0.113
HQ-1-7	2.73	127	72	0.59	6.26	350.8±7.1	221± 450	-59	17.88±2.1	0.0506±19	0.390±19	0.107
HQ-1-8	3.80	164	161	1.02	3.72	161.9±3.6	550± 410	71	39.31±2.2	0.059±19	0.205±19	0.118
HQ-1-9	7.12	128	138	1.11	2.98	160.5±5.3	200±1100	22	39.7±3.4	0.050±46	0.174±46	0.073
HQ-1-10	2.15	256	203	0.82	11.2	312.8±5.2	256±300	-22	20.12±1.7	0.0513±13	0.352±13	0.129
HQ-1-11	5.48	67	35	0.54	3.15	324.1±8.8	701±520	54	19.39±2.8	0.063±24	0.45±25	0.114
HQ-1-12	2.15	614	570	0.96	13.8	162.5±3.1	-35±260	565	39.18±1.9	0.0454±11	0.160±11	0.174
HQ-1-13	0.78	561	557	1.03	26.3	339.4±4.5	340±82	0	18.50±1.4	0.0533± 3.6	0.397±3.9	0.355
HQ-1-14	3.88	130	77	0.62	5.91	320±13	-30± 560	1170	19.65±4.2	0.045±23	0.319±23	0.181
HQ-1-15	5.46	230	161	0.73	5.41	165.1±6.6	-270±1700	162	38.6±4.0	0.041±66	0.148±66	0.062
HQ-1-16	1.22	131	94	0.74	5.76	318.8±6.4	471± 200	32	19.73±2.1	0.0565±8.8	0.395±9.1	0.229
HQ-1-17	0.60	444	464	1.08	18.7	306.8±4.2	331± 110	7	20.52±1.4	0.0530±4.6	0.356±4.8	0.289
HQ-1-18	1.08	310	254	0.85	7.20	170.2±2.6	139± 150	-23	37.39±1.5	0.0488±6.5	0.180±6.7	0.229
HQ-1-19	0.31	543	368	0.70	12.4	168.6±2.3	295±58	43	37.74±1.4	0.0522±2.5	0.1907±2.9	0.483
HQ-2-1	2.52	129	72	0.58	8.19	448.1±7.7	279±260	-61	13.89±1.8	0.0519±11	0.515±11	HQ-2-1
HQ-2-2	3.97	197	150	0.79	4.63	167.5±3.6	448±460	63	37.98±2.2	0.056±21	0.203±21	0.106
HQ-2-3	1.57	129	85	0.68	9.03	497.8±9.1	547±300	9	12.46±1.9	0.0584±14	0.647±14	0.136
HQ-2-4	4.93	170	72	0.44	3.86	160.1±3.8	164±690	3	39.76±2.4	0.049±29	0.171±30	0.082
HQ-2-5	3.22	333	478	1.48	7.47	160.9±3.1	-37±470	539	39.56±1.9	0.0454±19	0.158±20	0.099
HQ-2-6	4.80	165	99	0.62	3.73	159.2±4.4	-110±1000	250	40.0±2.8	0.044±42	0.152±42	0.067
HQ-2-7	3.00	200	158	0.82	4.46	160.5±3.5	145± 460	-11	39.66±2.2	0.0489±20	0.170±20	0.111
HQ-2-8	4.56	245	131	0.55	5.58	160.9±5.7	-300±1100	154	39.6±3.6	0.041±43	0.142±44	0.082
HQ-2-9	4.43	114	67	0.60	4.67	286.2±5.8	502±340	43	22.03±2.1	0.0573±15	0.358±15	0.134
HQ-2-10	3.66	410	60	0.15	9.64	167.7±3.0	-562± 620	130	37.95±1.8	0.0369±23	0.134±23	0.078
HQ-2-11	4.43	257	178	0.71	6.11	168.4±3.4	-405±700	142	37.78±2.1	0.039±27	0.143±27	0.077
HQ-2-12	1.03	483	400	0.86	19.9	298.5±4.1	277±130	-8	21.10±1.4	0.0518±5.5	0.339±5.6	0.251
HQ-2-13	5.72	112	60	0.55	5.05	312.5±7.7	-630±1100	150	20.13±2.5	0.036±42	0.25±42	0.061
HQ-2-14	1.76	528	568	1.11	11.7	161.1±2.3	19±170	-745	39.53±1.5	0.0464±7.0	0.162±7.2	0.206
HQ-2-15	3.57	329	239	0.75	7.55	163.7±3.0	3±420	-6001	38.88±1.8	0.0461±18	0.163±18	0.104
HQ-2-16	1.92	151	77	0.52	6.04	287.0±4.8	146±240	-96	21.97±1.7	0.0490±10	0.307±10	0.169

注:Pb_c为普通铅的²⁰⁶Pb占全部²⁰⁶Pb的百分比,Pb*代表放射成因铅,用于校正待测样品的并与之同时测定的标准样品的误差为0.44%(1σ),普通铅校正采用实测的²⁰⁴Pb

2)共测试了 35 个数据点。排除 15 个年龄较大的数据点,主要为岩浆房中捕获锆石的年龄,大体分为 2 段,一类反映古生代锆石 497~448Ma(图 2 中的 19、21);另一类锆石 350~287Ma(图 2 中的 1、8、10~14、16~17、27、30~33)。其余的 20 个数据点均位于谐和线或位于谐和线附近(图 3)。20 个数据点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $164.6\text{Ma}\pm 1.4\text{Ma}$,对应的 $\text{MSWD}=1.3$ 。笔者最终选用 20 个数据点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值($164.6\text{Ma}\pm 1.4\text{Ma}$)为新疆准噶尔盆地齐古组凝灰岩的形成时代。

3 准噶尔盆地齐古组和喀拉扎组的时代

笔者认为,新疆侏罗纪齐古组凝灰岩锆石 U-Pb 年龄($164.6\text{Ma}\pm 1.4\text{Ma}$)是定位新疆侏罗纪地层沉积启动时间的关键,此年龄值与国际地质年表^[1]对比,几乎与 Callovian 阶底界的年龄(164.7 ± 4.0)Ma

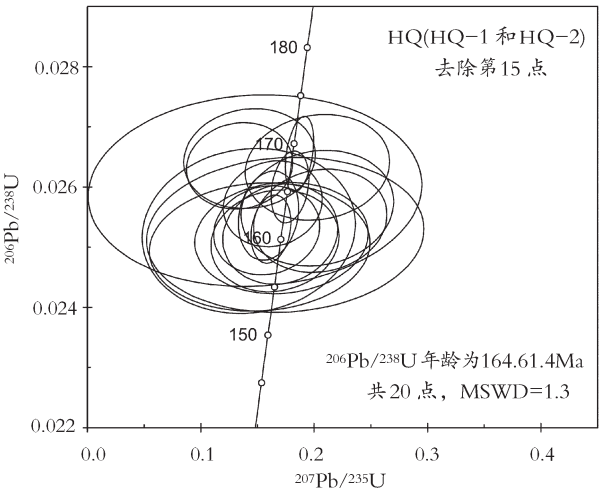


图 3 侏罗纪齐古组凝灰岩锆石 U-Pb 谐和图
Fig. 3 Zircon U-Pb concordia diagram of tuff from Jurassic Qigu Formation

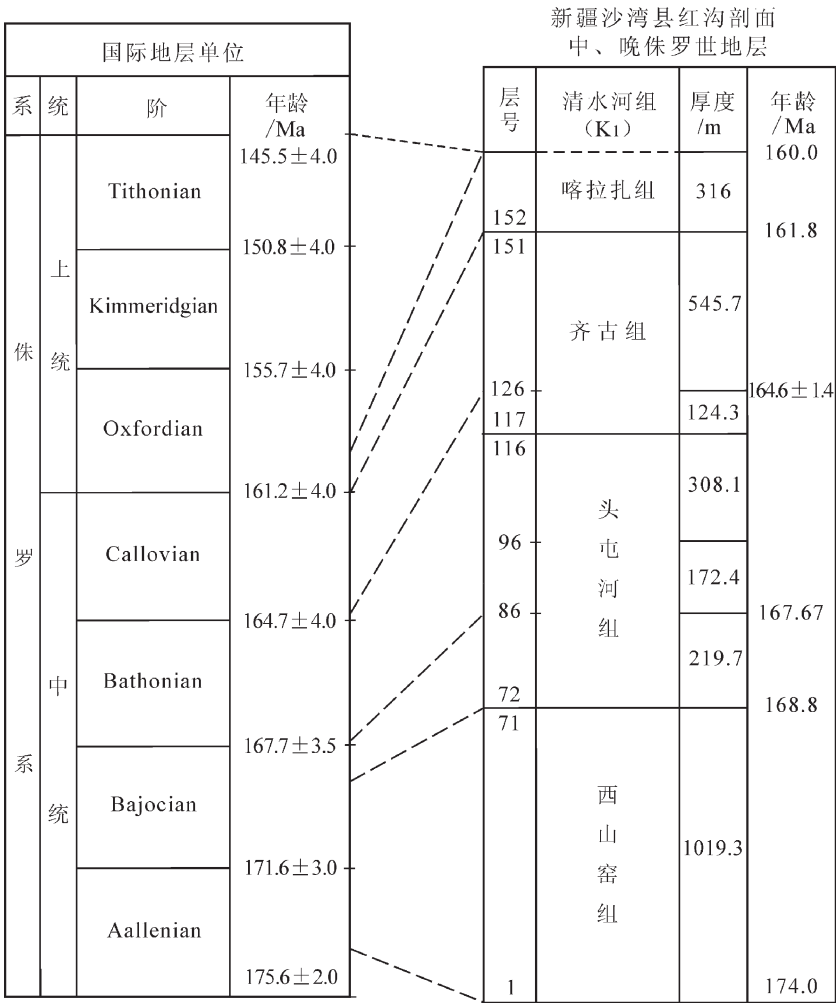


图 4 侏罗纪齐古组及相关地层同位素年龄与国际地层单位对比

Fig. 4 Isotopic age of Jurassic Qigu Formation in correlation with the International Geological Time Scale

相当(图 4)。以这个年龄值为基准,参照国际地层表推荐的年龄值,可以对齐古组及其相关地层的年龄作一大致的推算:根据 2 组年龄的差值(时间跨度)和 2 组年龄之间的沉积厚度,算出平均沉积速率,再根据各组的沉积厚度,算出时间跨度,依次推算出各组的界线年龄值。结果是:齐古组的下界(第 116 层底)年龄值为 165.2Ma, 接近 Bathonian 的上界年龄值(164.7Ma $\pm$ 4.0Ma), 上界(第 151 层顶面)年龄值为 161.8Ma, 接近 Callovian 上界的年龄值(161.2Ma $\pm$ 4.0Ma)。喀拉扎组由粗碎屑岩组成,沉积速率要大,其上界年龄大致在 160.0Ma 左右,此年龄值位于牛津阶(Oxfordian)的下部,接近牛津阶(Oxfordian)下界的年龄值 161.2Ma $\pm$ 4.0Ma。由此可以得出:齐古组的主要时代为中侏罗世卡洛期(Callovian),其下部跨入巴通期最晚期(late Late Bathonian);喀拉扎组的时代可能为牛津期最早期(early Early Oxfordian)(图 4)。

4 结论和新认识

根据齐古组凝灰岩年龄测定和沉积速率与时限关系的推算,齐古组的时代应由原来的晚侏罗世改归中侏罗世晚期,喀拉扎组仅占据晚侏罗最早期。联系该区下白垩统下部清水河组的时代已由孢粉、介形虫、叶肢介化石定为早白垩世早期(Berriasian)。由此可以得出:侏罗系与白垩系之间的不整合几乎缺失了整个上侏罗统,反映其间曾发生过较强烈的构造运动。这一构造运动在中国陆块上,尤其在中国北部是一次重要的构造运动,它影响的面广、时间间隔较长,对于研究区域地层对比、大地构造演化和层控成矿背景等都具有重要意义。

致谢:石家庄经济学院庞其清教授一同参与了

野外工作,中国地质科学院地质研究所孙桂英研究员为本文鉴定火山凝灰岩薄片,北京 SHRIMP 中心顿顽强博士指导中国地质大学在读博士李勇、和文言进行同位素测试并提供了同位素数据,王美秋实验师为本文清绘图、表,在此一并致谢。

参考文献

- [1] Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G, et al. A new Geologic Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene [J]. Episodes, 2004, 27(2): 83-100.
- [2] 王思恩. 中国北部陆相侏罗系与英国海陆交互相侏罗系的对比研究——兼论中国北部侏罗系的划分与对比[J]. 地质学报, 1998, 72(1): 11-21.
- [3] 王思恩, 叶留生, 郭宪璞. 天山造山带中的侏罗纪地层、古环境与油气资源——以库米什盆地为例[J]. 地质通报, 2011, 30(2/3): 410-417.
- [4] 邓胜徽, 卢远征, 樊茹, 等. 新疆北部的侏罗系[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2010: 31-385.
- [5] 王泽九. 斑脱岩中锆石 SHRIMP 测年在寒武纪地层中的应用——前寒武纪年代地层学研究的新思路[J]. 地层学杂志, 2010, 34(1): 56-59.
- [6] 刘敦一, 简平, 张旗, 等. 内蒙古图林凯蛇绿岩中埃达克岩 SHRIMP 测年: 早古生代洋壳消减的证据[J]. 地质学报, 2003, 77(3): 317-327.
- [7] Lance P B, Sandra L K, Charlotte M A, et al. TEMORA 1: a new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology [J]. Chemical Geology, 2003, 200: 155-170.
- [8] Lance P Black, Sandra L Kamo, Ian S Williams, et al. The Application of SHRIMP to Phanerozoic geochronology: a critical appraisal of four zircon standards[J]. Chemical Geology, 2003, 200: 171-188.
- [9] Ludwig K R. SQUID 1.02, a user's manual[M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication No. 2. 2455 Ridge Road, Berkeley, CA 94709, USA. 2002.
- [10] Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by two-stage model[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1975, 26: 207-221.