

·基础地质·

# 内蒙古宁城地区道虎沟化石层同位素年代学

陈 文<sup>1,2</sup>, 季 强<sup>3</sup>, 刘敦一<sup>1</sup>, 张 彦<sup>1</sup>, 宋 彪<sup>1</sup>, 刘新宇<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院地质研究所 北京离子探针中心, 北京 100037;

2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

3. 中国地质科学院地质研究所 全国地层古生物中心, 北京 100037)

摘要: 在内蒙古宁城道虎沟地区新发现了一套化石层, 该化石层所代表的道虎沟生物群是研究燕辽生物群灭绝原因和探寻热河生物群起源之谜的关键。精确的Ar-Ar和SHRIMP U-Pb测年表明, 道虎沟化石层之上的中—酸性火山岩的年龄在164~165 Ma左右, 道虎沟化石层的时代大于或等于165 Ma。据此认为, 道虎沟生物群在时代上比热河生物群早数千万年以上, 应属于燕辽生物群, 或者属于燕辽生物群与热河生物群之间的过渡类型。

关键词: 内蒙古; 道虎沟化石层; Ar-Ar年龄; SHRIMP年龄; 中侏罗世

中图分类号: P534.52; P597+.3

文献标识码: A

文章编号: 1671-2552(2004)12-1165-05

在内蒙古自治区赤峰市宁城县山头乡道虎沟村所发育的一套淡水湖沼相沉积地层中含有丰富的化石, 有植物、叶肢介、有尾两栖类和翼龙类化石。此前, 关于道虎沟化石层的地质时代有多种说法, 争议颇大。其中2种观点比较有代表性: 任东<sup>[1]</sup>在内蒙古自治区宁城县山头乡道虎沟一带首次采到了大量昆虫化石, 认为这些昆虫化石属于燕辽生物群, 因此判断道虎沟化石层的时代为中侏罗世。汪筱林<sup>[2]</sup>根据脊椎动物化石和地层对比, 判断道虎沟化石层的时代为早白垩世。两人的结论在时间上相差超过30 Ma, 但都没有提供确凿的同位素年代数据。

为了解道虎沟化石层的时代问题, 笔者对位于化石层之上的粗面岩和粗面质熔结凝灰岩进行了同位素定年分析。研究结果表明, 道虎沟化石层的同位素年龄大于或等于165 Ma, 时代应该属于中侏罗世, 从而为东亚陆相生物群演替规律研究提供了新的年代学依据。

## 1 研究区概况和样品描述

内蒙古宁城与辽宁凌源接壤, 中生代陆相地层均极为发育(图1)。其中凌源宋杖子、大王杖子是著

名的“热河生物群”研究的经典地区之一。晚侏罗世义县组中的各门类化石以保存精美、数量丰富而驰名中外。但是位于凌源宋杖子以北约15 km的宁城县山头乡一带长期以来一直没有发现化石。这种情况直到20世纪末才得以改变, 1998年以后, 在宁城县山头乡道虎沟一带采到了大量昆虫化石, 昆虫的种类多达14目50余科200余属种<sup>[1]</sup>。

在这个新的昆虫群中, 没有热河生物群中广为人知的昆虫优势种和地理广布种, 因此, 这个昆虫群不属于热河生物群。从昆虫化石组合面貌来看, 有大量燕辽昆虫群的典型代表分子, 其地质时代似乎应该归于中侏罗世<sup>[1]</sup>。同时, 研究者发现有不少种类与国内外中、晚侏罗世某些已知类群或分子亲缘关系密切, 可以进行对比, 这为确定该昆虫群的地质时代提供了较为可靠的证据<sup>[3]</sup>。

最近几年, 道虎沟化石层中又发现了一些重要的脊椎动物化石。计有蝶螈<sup>[4]</sup>、翼龙<sup>[5]</sup>(宁城热河翼龙)、2件未命名的翼龙。汪筱林等<sup>[2]</sup>根据这些脊椎动物化石和地层对比, 判断道虎沟化石层地质时代为早白垩世。由此可见, 对道虎沟化石层的层序和时代有较大的争论。而这一争论仅靠岩石地层和生物地

收稿日期: 2004-10-20; 修订日期: 2004-11-11

地调项目: 中国地质调查局项目(编号200213000041、1212010561608)和国土资源部科技项目(编号200010406)成果。

作者简介: 陈文(1962-), 男, 研究员, 博士生导师, 从事同位素地质年代学研究。E-mail: chenwenf@vip.sina.com

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

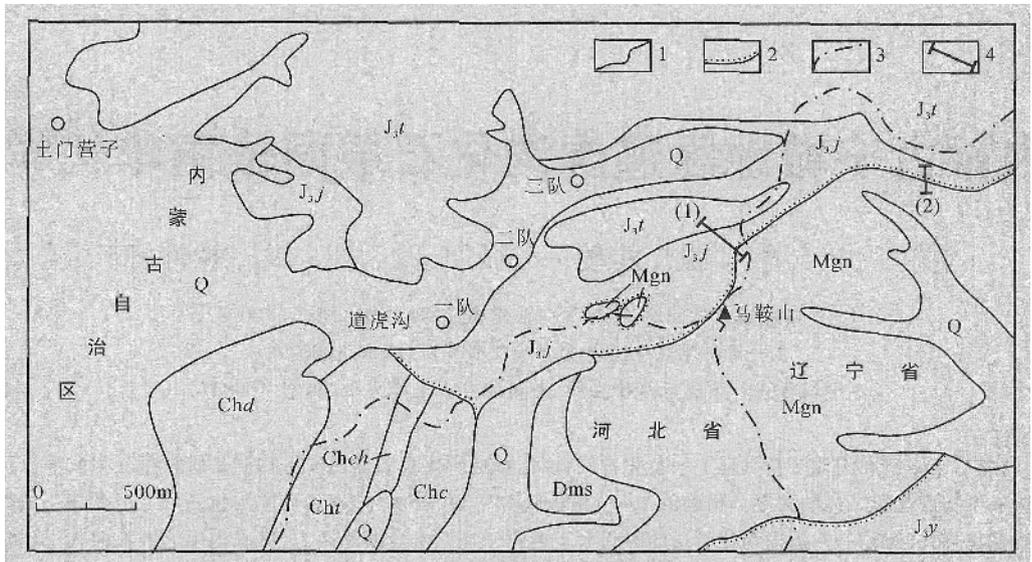


图1 道虎沟地区地质简图

Fig.1 Geological sketch map of the Daohugou area

- 1—地层界线;2—不整合;3—省界;4—剖面位置;5—岩层产状;Che—中元古代常州沟组;
- Chch—中元古代串岭沟组;Cht—中元古代团山子组;Chd—中元古代大红峪组;
- $J_{2j}$ —中侏罗世九龙山组; $J_{2t}$ —中侏罗世髫髻山组; $J_{3y}$ —晚侏罗世义县组;
- Q—第四系(未分层);Mgn—太古宙马鞍山片麻岩;Dms—太古宙大来营子表壳岩

层研究不能最终得到解决。因此,有必要通过同位素年代学研究对道虎沟化石层给予具体的年龄限定。

在道虎沟化石层之上有一套中—酸性火山岩,分别为粗面岩、粗面质熔结凝灰岩(图2)。粗面质熔结凝灰岩具熔结凝灰结构,假流动构造。碎屑粒度0.1~3 mm,一般0.5~1 mm。晶屑含量20%左右,熔蚀和碎裂现象发育,有时还可见钾长石条纹发生折曲。晶屑以钾长石为主;斜长石略少,斜长石具钠长双晶,

双晶纹稀疏;黑云母为暗棕褐色,部分暗化铁染。岩屑含量在15%左右,主要为粗面岩碎屑,粒度较细。碎屑间是粗面质的熔浆胶结物,流动构造清晰,部分具球粒结构。粗面岩具少斑结构,基质为粗面结构,流动构造。斑晶为黑云母、长石,含量3%。基质以钾长石为主,斜长石次之,长石板条定向排列,构成流动构造。

在这2套岩石中采样进行长石Ar—Ar测年和锆石SHRIMP U—Pb测年分析,采样点见图2。

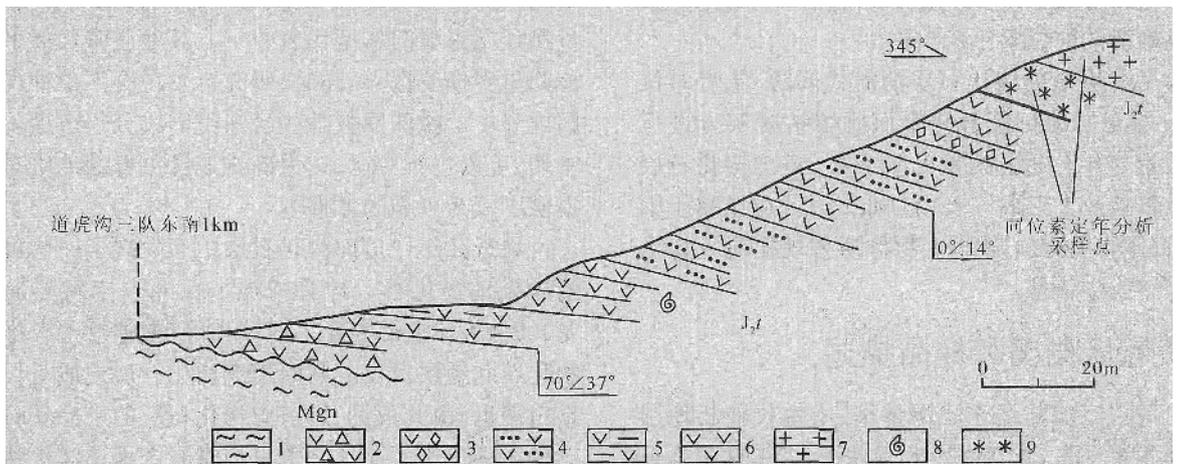


图2 道虎沟剖面图(图1中的剖面(2),据任东等,2002,修改)及采样位置

Fig.2 Daohugou section showing the sampling site

- 1—片麻岩;2—凝灰质巨砾岩;3—凝灰质砾岩;4—凝灰质粉砂岩;5—凝灰质泥岩;6—凝灰岩;7—粗面岩;
- 8—化石点;9—粗面质熔结凝灰岩; $J_{2t}$ —中侏罗世髫髻山组;Mgn—太古宙马鞍山片麻岩

## 2 同位素测年结果

### 2.1 粗面质熔结凝灰岩的同位素定年分析结果

#### 2.1.1 透长石 Ar-Ar 定年结果

样品 LX02-2K 为从粗面质熔结凝灰岩中选出的透长石。对其进行  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  阶段升温定年分析。13 个温度阶段总气体年龄为 164.1 Ma。第 1、2 两个温度阶段年龄因为核反冲影响和  $^{39}\text{Ar}$  释放量太低而没有意义,第 13 阶段因为热本底影响年龄偏高。其余 10 个温度阶段组成了一个平坦的年龄坪(图 3),坪年龄为  $164.2\text{ Ma} \pm 2.5\text{ Ma}$ , 对应了 92% 的  $^{39}\text{Ar}$  析出量。相应的  $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} - ^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  等时线年龄为  $163.0\text{ Ma} \pm 1.9\text{ Ma}$  (MSWD=0.41, 图 4),  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  初始比值为  $290.0 \pm 5.3$ 。等时线年龄和坪年龄在误差范围内一致和  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  初始比值接近于现代大气氩比值的事实表明,透长石  $164.2\text{ Ma} \pm 2.5\text{ Ma}$  的 Ar-Ar 坪年龄是可靠的,代表了透长石的结晶年龄。

#### 2.1.2 单颗粒锆石离子探针原位 U-Pb 定年分析结果

在选取透长石的同一个样品中选取锆石做离子探针原位 U-Pb 定年分析。所分析的锆石为圆粒状或短柱状,长、宽比在 1~4 之间。锆石的透射光显微照片和阴极发光照片均显示锆石晶形完好,可见环带。共分析了 16 颗锆石,其中有 2 颗锆石年龄分别为 2.45 Ga 和约 1.74 Ga, 表明本地区确有大于 2.4 Ga 的老基底。其余 14 个点中有 4 个点明显偏离谐合线,因此舍去。剩余的 10 个点在谐合线上,其  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄平均值为  $164.6\text{ Ma} \pm 2.4\text{ Ma}$  (MSWD=0.38, 图 5)。

该套粗面质熔结凝灰岩中锆石的 U-Pb 年龄 (164.6 Ma) 与透长石的 Ar-Ar 年龄 (164.2 Ma) 惊人地一致,除确证火山岩的喷发时代在 164.2~164.6 Ma

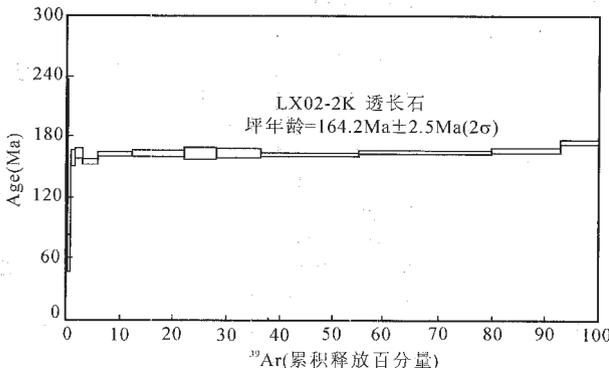


图 3 LX02-2K 透长石  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  阶段升温分析年龄谱图

Fig.3  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  stepwise heating age spectrum of sanidine (LX02-2K)

左右外,还表明岩浆形成以后在岩浆房中停留的时间极为短暂。

### 2.2 粗面岩的单颗粒锆石离子探针原位 U-Pb 定年分析结果

从道虎沟三队采集粗面岩样品 LX02-5, 选出锆石进行离子探针原位 U-Pb 定年分析。所分析的锆石为细长柱状,长度一般为 200~300  $\mu\text{m}$ , 宽度为 30~40  $\mu\text{m}$ , 锆石的透射光显微照片和阴极发光照片均显示是典型的火山成因锆石。共分析了 15 颗锆石,其中 13 个点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄平均值为  $165.5\text{ Ma} \pm 1.5\text{ Ma}$  (MSWD=0.75, 图 6)。该年龄在误差范围内与粗面质熔结凝灰岩  $164.6\text{ Ma} \pm 2.4\text{ Ma}$  的年龄一致,二者为同期火山作用的产物。

用不同方法在 2 套岩石中得到的 3 个同位素年龄值惊人地一致(表 1), 不仅证明这些年龄可靠,而且对道虎沟化石层的时代给予了上限限制。

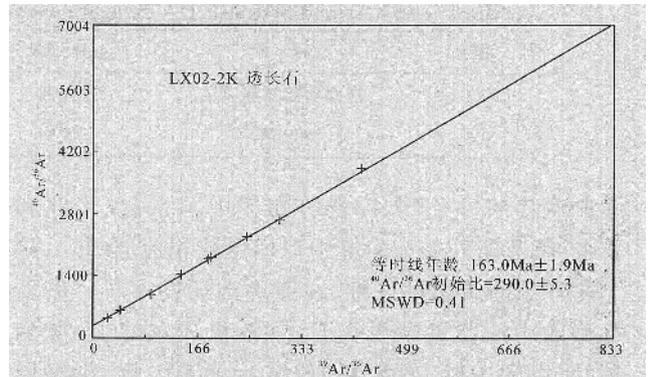


图 4 LX02-2K 透长石  $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} - ^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  等时线图

Fig.4  $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} - ^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  isochron diagram of sanidine (LX02-2K)

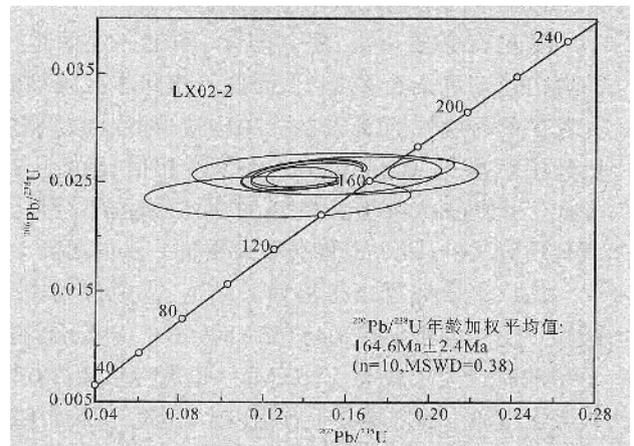


图 5 粗面质熔结凝灰岩中锆石离子探针原位 U-Pb 定年谐合线图

Fig.5 U-Pb concordia diagram of zircons from trachytic ignimbrite

### 3 讨论和结论

根据以上同位素定年分析得到的年龄数据,可以确定道虎沟火山岩的年龄在164~165 Ma左右,火山岩地层层位相当于中侏罗世髫髻山组。由于这套火山岩在道虎沟化石层之上,其年龄就给予道虎沟化石层以最小限定:化石层所在的沉积地层年龄大于或等于165 Ma,在层位上也相当于髫髻山组。

同位素年代学研究所得出的这一结论也得到了昆虫化石研究结果的支持。在道虎沟化石层出产的大量昆虫化石中,化石个体数量较多的属种有:西伯利亚中四节蜉、河北沟蠊、海房沟类古蝉、承德中国带石蝇、中华燕辽划蝽、小范杖子承德沫蝉、长角辽蚊蝎蛉等,这些化石均是中侏罗世燕辽昆虫群

表1 道虎沟化石层上部火山岩 Ar-Ar 和 SHRIMP U-Pb 同位素定年结果

Table 1 Ar-Ar and SHRIMP U-Pb ages for volcanic rocks overlying the Daohugou fossil-bearing beds

| 样号     | 岩性       | 采样位置 | Ar-Ar 定年            | SHRIMP U-Pb 定年      |
|--------|----------|------|---------------------|---------------------|
| LX02-2 | 粗面质熔结凝灰岩 | 道虎沟  | 164.2Ma ± 2.5Ma(长石) | 164.6Ma ± 2.4Ma(锆石) |
| LX02-5 | 粗面岩      | 道虎沟  |                     | 165.5Ma ± 1.5Ma(锆石) |

的典型代表分子<sup>[6,7]</sup>,广泛分布于中国东北、华北和蒙古、俄罗斯外贝加尔等中侏罗世陆相地层中<sup>[8]</sup>。除上述常见的老属种之外,在道虎沟还发现了一些新类型的中侏罗世昆虫化石,如潘氏表翼蛉、多脉丽褐蛉、巨硕美蛉、罗美蛉、侏罗始细腰大蚊、中国原大蚊等<sup>[9]</sup>。这些昆虫化石的发现,很好地呼应了同位素年代学研究结果,为道虎沟化石层的地质时代属于中侏罗世的结论提供了生物地层证据。

这里有必要指出:资料显示,冀北—辽西地区的燕山运动复杂而多变<sup>[10,11]</sup>,因此不排除本区强烈卷入其中的可能性,而涉及的相关构造、地层问题显然已超出了本文讨论的范畴。但笔者相信,随着上述方面工作的深入开展,对已有的同位素测年结果及其地质意义的认识,也将会取得更进一步的更新。

由以上研究可以得出如下结论:①道虎沟中—酸性火山岩的年龄在164~165 Ma左右。②道虎沟化石层的时代大于或等于165 Ma。道虎沟生物群在时代上比热河生物群早数千万年以上,应属于燕辽生物群,或者属于燕辽生物群与热河生物群之间的过渡类型。如果是后者,道虎沟生物群将成为研究燕辽生物群灭绝原因和探寻热河生物群起源之谜的关键。

致谢:参加野外工作的还有李佩贤、程政武、任

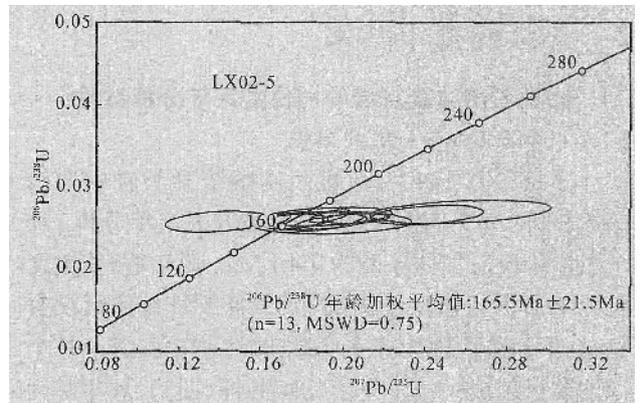


图6 道虎沟粗面岩中锆石离子探针原位U-Pb定年谐合线图

Fig.6 U-Pb concordia diagram of zircons from the Daohugou trachyte

东、卢立武、姬书安、金小赤、张建平,帮助进行锆石离子探针定年分析的还有万渝生、张玉海、陶华等,在此一并表示感谢!

#### 参考文献:

- [1]任东,高克勤,郭子光,等.内蒙古宁城道虎沟地区侏罗纪地层划分及时代探讨[J].地质通报,2002a,21(8~9):584~591.
- [2]汪筱林,王元青,张福成,等.辽宁凌源及内蒙古宁城地区下白垩统义县组脊椎动物生物地层[J].古脊椎动物学报,2000,38(2):81~99.
- [3]李强,袁崇喜.宁城道虎沟首次发现长有原始羽毛的翼龙化石及其地层学和生物学意义[J].地质论评,2002,48(2):221~224,图版1-3.
- [4]Wang Y. A new salamander (Amphibia: Caudata) from the Early Cretaceous Jehol biota[J]. Vertebrate Pal Asiatica, 2000,38(2):100~103.
- [5]Wang Y Q, Hu Y M, Meng J, et al. An ossified Meckel's cartilage in two Cretaceous mammals and origin of the mammalian middle ear[J]. Science, 2001,294:357~361.
- [6]任东.中国中生代晚期蛇蛉化石研究(蛇蛉目:巴依萨蛇蛉科,是蛇蛉科)[J].动物分类学报,1997,22(2):172~188.
- [7]任东,尹继才.内蒙古自治区中侏罗世表翼蛉化石一新种(脉翅目,翼蛉科)[J].动物分类学报,2002b,27(2):274~277.
- [8]谭京晶,任东.内蒙古宁城中侏罗世九龙山组昆虫群落生态的初步研究[J].动物分类学报,2002,27(3):428~434.
- [9]任东.中国中生代昆虫化石研究新进展及意义[J].昆虫学报,2002c,45(2):234~240.
- [10]赵越,张拴宏,徐刚,等.燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件[J].地质通报,2004,23(9~10):854~863.
- [11]张长厚,吴淦国,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[J].地质通报,2004,23(9~10):864~875.

# Isotope geochronology of the fossil-bearing beds in the Daohugou area, Ningcheng, Inner Mongolia

CHEN Wen<sup>1,2</sup>,JI Qiang<sup>1</sup>,LIU Dunyi<sup>1</sup>,  
ZHANG Yan<sup>1</sup>,SONG Biao<sup>1</sup>,LIU Xinyu<sup>1</sup>

(1.*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100037, China;*  
2.*Institute of Geology and geophysics, Chinese Academy of Science, Beijing 100029, China*)

**Abstract:**A new set of fossil-bearing beds, Daohugou fossil-bearing beds, is found in the Daohugou area, Ningcheng, Inner Mongolia. The Daohugou biota represented by the fossil beds is the key to the study of the cause for the extinction of the Yanliao biota and the origin of the Jehol biota. The accurate Ar-Ar and SHRIMP U-Pb dating shows that the age of intermediate-acid volcanic rocks overlying the Daohugou fossil-bearing beds is about 164-165 Ma, and that the age of this fossil-bearing beds is older than or equal to 165 Ma. Therefore the authors draw the conclusion that the age of the Daohugou biota is tens of million years earlier than that of the Jehol biota, and it should belong to the Yanliao biota or to a transitional type between the Yanliao biota and Jehol biota.

**Key words:**Inner Mongolia; Daohugou fossil-bearing beds; Ar-Ar age; SHRIMP age; middle Jurassic

## 《地质通报》第24卷第1期要目预告

|  |      |
|--|------|
| 南海新生代构造演化及岩石圈三维结构特征 .....                | 姚伯初等 |
| 琼西莺歌海盆地内中深层天然气成藏条件分析及其与浅层成藏条件的比较 .....   | 何家雄等 |
| 南沙海域曾母盆地构造样式特征及其与油气聚集和圈闭的关系 .....        | 邱 燕  |
| 西秦岭天水地区关子镇中基性岩浆杂岩体锆石U-Pb年龄及其地质意义 .....   | 裴先治等 |
| 东昆仑活动断裂带玛曲段活动特征及其东延 .....                | 马寅生等 |
| 东昆仑格尔木东部金水口片麻状富铝花岗岩锆石微区Raman光谱研究 .....   | 龙晓平等 |
| 藏北安多地区侏罗纪菊石动物群组合特征及其地质意义 .....           | 伊海生等 |
| 青藏高原中部温泉盆地西侧晚第四纪正断层作用的地貌标志及断裂活动速率 .....  | 吴中海等 |
| 藏北巴青县江绵乡一带上三叠统东达村组和“甲丕拉组”的发现及其沉积特征 ..... | 李尚林等 |
| 雅鲁藏布结合带中段混杂岩带内玄武岩的地球化学特征 .....           | 孙立新等 |
| 藏南羊卓雍错南部桑秀组火山岩的特征及构造环境 .....             | 钟华明等 |
| 藏西北黑石北湖一带新近纪火山岩的特征及构造意义 .....            | 王 权等 |
| 天津市及其沿海地区现代地表高程变化现状及趋势 .....             | 王 福等 |
| 海南岛东部黄竹岭地区变质火山岩锆石U-Pb同位素年龄及其地质意义 .....   | 龙文国等 |