

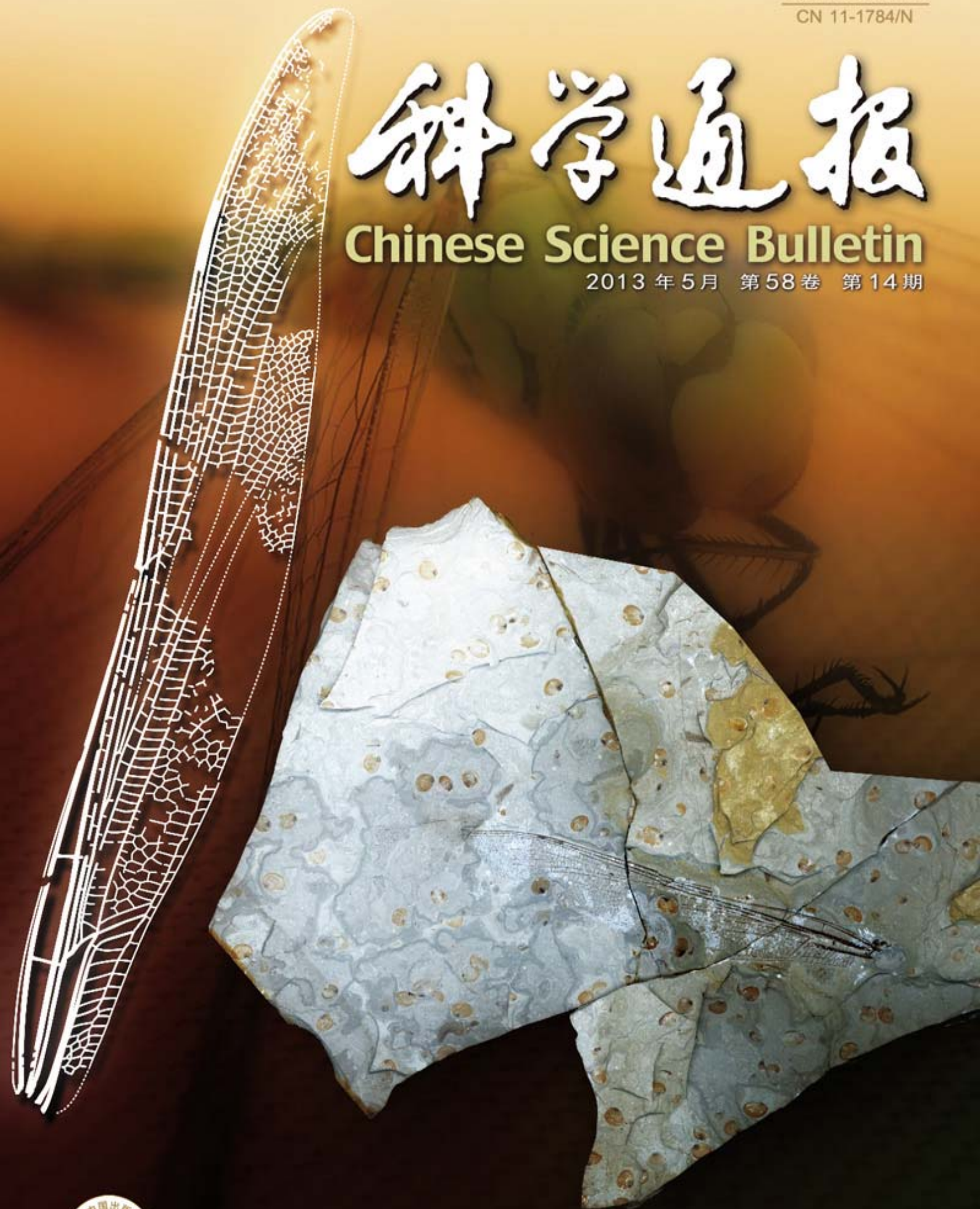
ISSN 0023-074X

CN 11-1784/N

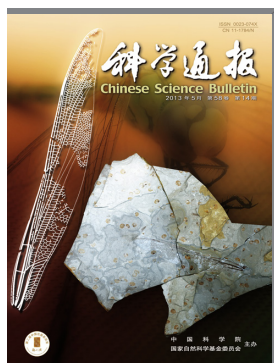
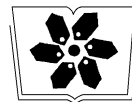
科学通报

Chinese Science Bulletin

2013年5月 第58卷 第14期



中国科学院
国家自然科学基金委员会 主办



2013年5月,第58卷,第14期

封面说明: 蜻蜓总目包括古蜻蜓目、原蜻蜓目和蜻蜓目。古蜻蜓目仅生存于晚石炭世早期,原蜻蜓目生存于晚石炭世-二叠纪,而蜻蜓目从二叠纪起一直生存到现在。所谓的古生代“巨蜻蜓”并非真正的蜻蜓,属原蜻蜓目巨脉蜻蜓科,其中产于美国早二叠世的二叠拟巨脉蜻蜓翅展达710 mm,是世界已知最大的昆虫。根据产自我国内蒙古宁城中侏罗统的1件昆虫前翅标本,建立一新属新种:赵氏修复螳螂(*Hsiufua chaoi* Zhang et Wang, gen. et sp. nov.), 归入蜻蜓目弯脉螳螂科。它是我国已知蜻蜓目中前翅最长的种类,也是该目世界第4大的昆虫。蜻蜓目在其演化历史上体型大小发生了明显的变化,其主要原因可能是空中竞争压力的变化。封面图片显示了1件保存近完整的蜻蜓前翅标本,长107.6 mm,宽14.3 mm,采自内蒙古赤峰市宁城县五化乡道虎沟村中侏罗世海房沟组,保存在中国科学院南京地质古生物研究所。详见张海春等人文(p1340)。

《科学通报》编辑部

地址:北京市东城区东黄城根北街16号 《中国科学》杂志社

邮编:100717

网址:www.scichina.com csb.scichina.com

信箱:csb@scichina.org

主任	安瑞	010-64036120	anrui@scichina.org	(兼生命科学编辑)
副主任	张莉	010-64012686	zhangli@scichina.org	(兼地球科学编辑)
责任编辑	孙书军	010-62567305	ssj@scichina.org	(物理学 力学 天文学)
	付利	010-62567305	fuli@scichina.org	(化学)
	智欣	010-62567305	zhixin@scichina.org	(化学 材料科学)
	王元火	010-64015905	wyh@scichina.org	(生命科学)
	孙红梅	010-64036120	shm@scichina.org	(生命科学)
	林琳	010-64012686	linlin@scichina.org	(地球科学)
	李兆林	010-62567305	zhlli@scichina.org	(材料与工程科学 信息科学)
	闫蓓	010-64015905	yanbei@scichina.org	(新闻采编)

本期责任编辑 林琳

自然科学基金项目进展专栏

评述/地理学

1267 随风而来的沙漠化

王训明

沙漠化是生态环境问题中的研究热点,是社会关注的重点和政府、国际组织与学者争论的焦点.本文综述了沙漠化过程研究进展,为阐明沙漠化产生、发展以及逆转过程的影响机制,深入沙漠化研究提供了新的思路.

评述/海洋科学

1277 与南海西边界流有关的区域海洋学进展

王东晓,刘钦燕,谢强,贺志刚,庄伟,舒业强,肖贤俊,宏波,吴湘玉,隋丹丹

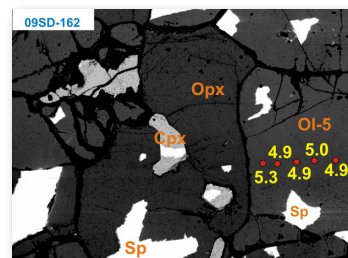
南海西边界流具有明显的年际变化,并且在越南沿岸流幅变窄流速增强;源区及越南离岸的西边界流与中尺度涡活动存在强的相互作用;并且作为太平洋-印度洋的南海环流分支的一部分,对气候变化起着重要作用.

论文/地球化学

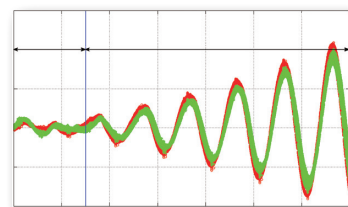
1289 苏鲁地区晚白垩世莒南和青岛玄武岩中低 $\delta^{18}\text{O}$ 橄榄石的交代地幔楔成因

郭锋,郭江涛,王焰,范蔚茗,李超文,李红霞,赵亮

华北克拉通现今亏损地幔被认为是大陆伸展背景下,对流软流圈经部分熔融转变的新增生地幔.莒南和青岛玄武岩中低 $\delta^{18}\text{O}$ 地幔橄榄岩的交代地幔楔成因反映了俯冲洋壳在华北中-新生代地幔演化过程中的重要贡献.



▲ 郭锋等 p1289



▲ 杨颖等 p1315

特邀进展

人工智能

1300 信息转换原理:信息、知识、智能的一体化理论

钟义信

如何把信息转换成为解决问题所需要的智能,是信息科学技术面临的重要任务.本文报道的“信息转换理论”提供了把信息转换为知识和智能的理论和方法,成为沟通信息理论、知识理论、智能理论的一体化理论.

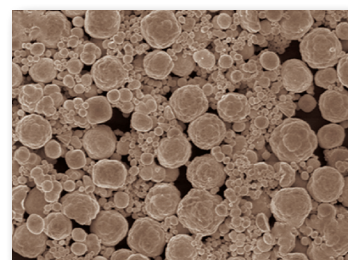
特邀评述

海洋科学

1307 海洋酸化及其与海洋生物及生态系统的关系

唐启升,陈镇东,余克服,戴民汉,赵美训,柯才焕,黄天福,柴靡,韦刚健,周力平,陈立奇,宋佳坤, BARRY James, 吴亚平,高坤山

人类活动导致大气 CO_2 浓度升高,引起海洋酸化.海洋系统内的化学和物理过程变化,影响生物的代谢.海洋酸化,影响各种生物的生理过程,可能最终导致海洋生态系统发生不可逆转的变化,影响其对人类的服务功能.



▲ 王滕辉等 p1321

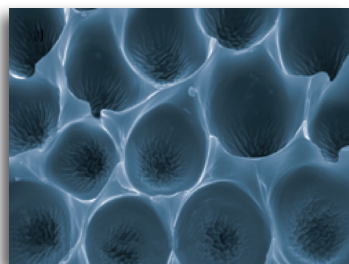
论文

天体测量学

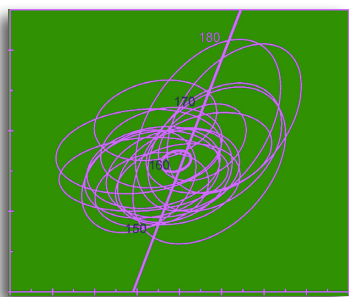
1315 转发式测距与转发式站间差分的卫星联合定轨

杨颖,杨旭海,李志刚,冯初刚

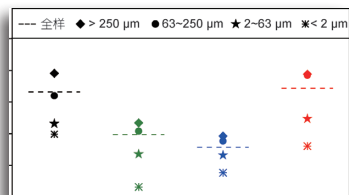
从理论上分析了测角数据对卫星轨道横向的约束作用,并通过转发式测距与转发式站间差分联合定轨试验,对差分的轨道横向约束能力和对卫星定轨及预报精度的改善作用进行了验证.



▲ 马润恬等 p1326



▲ 王亮亮等 p1346



▲ 檀文炳等 p1354

物理化学

1321 八面体纳米钼酸镉的标准摩尔生成焓及其粒度效应

王腾辉, 王路得, 郭云霄, 李艳芬, 范高超, 黄在银

室温条件下, 反相微乳液法合成了形貌规则、尺寸分布均匀的八面体纳米钼酸镉(CdMoO_4), 并对其进行了表征. 根据热力学势函数法设计热化学循环, 结合微量热技术获得了298.15 K下所合成的八面体纳米 CdMoO_4 的标准摩尔生产焓, 讨论了粒度效应.

材料科学

1326 一种新型仿生-再造超疏水表面的制备与表征

马润恬, 魏玉丽, 郭昊, 杨福生, 陈姣姣, 方芳, 杨武, 钱锋

利用PDMS印章成功复制了玫瑰花表面的微纳米结构, 并通过印章成型过程中嵌入 Fe_3O_4 纳米粒子改善了表面粗糙度, 制得的仿生表面其粗糙度和疏水性均优于天然玫瑰花瓣和用传统工艺制备的表面.

生态学

1332 青藏高原东部尔海湿地种子库沿水位梯度的分布格局

刘帆, 刘晖, 徐凌翔, 程玉, 李伟

种子库研究是受损湿地植物群落恢复的手段之一. 本文探讨了青藏高原尔海湿地种子库分布格局, 为青藏高原生物多样性恢复提供种子库数据.

地质学

1340 中国已知最大的蜻蜓: 内蒙古侏罗纪的赵氏修复螳螂(*Hsiufua chaoi* Zhang et Wang, gen. et sp. nov.)

张海春, 郑大燃, 王博, 方艳, JARZEMBOWSKI Edmund A

根据产自我国内蒙古侏罗纪的1件昆虫前翅标本, 建立一新属新种——赵氏修复螳螂. 它是我国已知蜻蜓目前翅最长的种类, 也是该目世界第4大的昆虫. 对蜻蜓目在地质历史上体型大小变化的原因进行了讨论.

地球化学

1346 辽西建昌玲珑塔地区侏罗纪地层的离子探针锆石U-Pb定年: 对最古老带羽毛恐龙的年代制约

王亮亮, 胡东宇, 张立君, 郑少林, 贺怀宇, 邓成龙, 汪筱林, 周忠和, 朱日祥

对建昌玲珑塔含化石沉积层中的凝灰岩进行了SIMS锆石U-Pb定年, 认为由侏罗兽和近鸟龙等构成的燕辽生物群生存于晚侏罗世早期, 从而为最早哺乳动物和最早带羽毛恐龙的出现年代提供了确凿的同位素年代学证据.

地理学

1354 基于土壤团聚体组分的 ^{14}C 分析及其在不同林龄土壤有机碳周转研究中的应用

檀文炳, 周力平, 刘克新

人工造林后土壤有机碳库将如何变化? 应用放射性碳示踪方法发现, 在草甸草原营造樟子松林后, 表层土壤各团聚体有机碳的周转时间变短, 且随林龄而变化, 这可能导致土壤 CO_2 通量的增加而影响表层土壤贮存有机碳的能力.

简报

1367 支链氨基酸与代谢稳态调节

王春霞, 郭非凡

1368 陆-气耦合对中国东部夏季干旱和洪涝的影响: 以1998和1999年为例

吴凌云, 张井勇

辽西建昌玲珑塔地区侏罗纪地层的离子探针锆石 U-Pb 定年: 对最古老带羽毛恐龙的年代制约

王亮亮^{①②③}, 胡东宇^④, 张立君^④, 郑少林^④, 贺怀宇^{①*}, 邓成龙^⑤, 汪筱林^⑥, 周忠和^⑥, 朱日祥^⑤

① 中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院地球深部研究重点实验室, 北京 100029;

② 中国地质大学地球科学学院, 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉 430074;

③ 霍林河露天煤业股份有限公司地质勘探公司, 霍林郭勒 029200;

④ 沈阳师范大学古生物研究所, 沈阳 110034;

⑤ 中国科学院地质与地球物理研究所, 岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029;

⑥ 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044

* 联系人, E-mail: Huaiyuhe@mail.iggcas.ac.cn

2012-09-04 收稿, 2012-10-10 接受, 2013-03-21 网络版发表

国家重点基础研究发展计划(2012CB821900)、国家自然科学基金(40925012, 41172026)和辽宁省自然科学基金(201102199)资助

摘要 辽西建昌玲珑塔地区髫髻山组火山-沉积岩地层中富含燕辽生物群(又称道虎沟生物群)的重要化石, 并记录了若干重要的生物演化事件, 特别是对研究鸟类的起源以及最早鸟类和恐龙祖先的分化均具有关键的意义, 因而其地层时代问题备受关注. 本文对建昌玲珑塔大西山含化石沉积层中的 3 个凝灰岩样品进行了详细的 SIMS 锆石 U-Pb 定年, 获得了 160.7 ± 1.7 , 159.5 ± 2.3 和 158.9 ± 1.7 Ma 的年龄结果. 根据近年广泛使用的地质年表 GTS2004 和新近修订的地质年表 GTS2012, 由侏罗兽和近鸟龙等构成的燕辽生物群生存于晚侏罗世早期, 从而为最早哺乳动物和最早带羽毛恐龙的出现年代提供了确凿的同位素年代学证据.

关键词

建昌玲珑塔
晚侏罗世
U-Pb 年代学
带羽毛恐龙

内蒙古、河北、辽宁三省交界地区发育一系列晚中生代火山-沉积盆地, 这些盆地中沉积了巨厚的中、晚侏罗世到早白垩世的火山-沉积地层, 并产出了举世闻名的燕辽生物群^[1-5](又称道虎沟生物群)和热河生物群^[6-8]. 自热河生物群之后, 产于髫髻山组(蓝旗组)中的道虎沟生物群因其记录了若干重要的生物演化事件而备受关注. 辽西建昌玲珑塔地区(图 1)出露的髫髻山组(蓝旗组)火山-沉积岩地层中富含叶肢介、介形类、双壳类、鱼、昆虫、脊椎动物和植物等近 10 个门类的化石. 近年来在该沉积层中发现了迄今最早的原始真兽类哺乳动物——中华侏罗兽^[9], 并根据初步的年代结果, 将有袋类和胎盘类哺乳动物的分化历史向前推进了大约 3500 万年. 同时在该

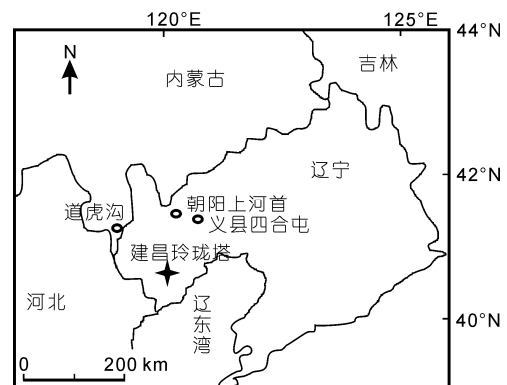


图 1 辽西建昌玲珑塔地区、道虎沟生物群化石点道虎沟、热河生物群化石点朝阳上河首和义县四合屯的地理位置示意图

引用格式: 王亮亮, 胡东宇, 张立君, 等. 辽西建昌玲珑塔地区侏罗纪地层的离子探针锆石 U-Pb 定年: 对最古老带羽毛恐龙的年代制约. 科学通报, 2013, 58: 1346-1353

Wang L L, Hu D Y, Zhang L J, et al. SIMS U-Pb zircon age of Jurassic sediments in Linglongta, Jianchang, western Liaoning: Constraint on the age of oldest feathered dinosaurs (in Chinese). Chin Sci Bull (Chin Ver), 2013, 58: 1346-1353, doi: 10.1360/972012-535

地区同层位还发现了迄今最早的带羽毛恐龙——郝氏近鸟龙^[10]、郑氏晓廷龙^[11]、原始类群向进步类群演化的过渡类型——模块达尔文翼龙^[12]等, 这些发现对研究鸟类的起源以及最早鸟类和恐龙祖先的分化均具有关键的意义. 玲珑塔地区产出的这些化石均属于道虎沟生物群, 因此, 该地区髫髻山组(蓝旗组)及其含化石层的年龄对揭示道虎沟生物群记录的一系列生物演化事件至关重要.

由于精确同位素年代学数据的缺乏以及地层的复杂性等客观因素的制约, 玲珑塔地区含道虎沟生物群化石层位的时代归属问题存在较大争议. 部分学者将其归属于早白垩世热河群最底部的沉积^[13], 部分学者将其归属于晚侏罗世的髫髻山组^[11], 部分学者将其归属于中侏罗世的髫髻山组^[14-19], 还有一些学者认为其属于晚侏罗世的蓝旗组^[20], 因此, 精确限定该地区含化石层的沉积时代对于解决以上争议并进一步探讨鸟类起源与演化具有重要意义. 在周边地区产该生物群的髫髻山组已做了大量的测年工作, 例如, He 等人^[21]测得宁城地区髫髻山组安山岩钾长石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $159.8 \pm 0.8 \text{ Ma}$; Liu 等人^[15]测得宁城地区髫髻山组火山岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $152 \sim 168 \text{ Ma}$; Chang 等人^[22]测得北票地区蓝旗组(髫髻山组)底部火山灰的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $160.7 \pm 0.4 \text{ Ma}$ 和 $158.7 \pm 0.6 \text{ Ma}$; 陈文等人^[23]测得宁城地区上覆髫髻山组火山岩的年龄为 $164 \sim 165 \text{ Ma}$; 马强等人^[24]测得金羊盆地蓝旗组火山岩的上部安山质角砾岩的锆石 LA-ICPMS U-Pb 年龄为 $159.4 \pm 3.4 \text{ Ma}$. 由于该区在中生代期间的多次火山喷发, 使得该地区地层缺少连续出露, 为相关地层和生物群直接对比带来了困难. 从以上提供的数据来看, 不同测年的结果也确实存在较大差异. 本文报道了辽西建昌玲珑塔剖面凝灰岩层的 SIMS 锆石 U-Pb 年龄, 并探讨了该年龄结果对最早哺乳动物和带羽毛恐龙生存年代的制约.

1 区域地质背景

建昌盆地处于冀北-辽西地区的过渡带, 是该区众多中生代地层发育较全的火山-沉积盆地之一. 盆地内侏罗、白垩纪地层发育较为连续, 出露良好, 具有典型的区域代表性. 中生代期间, 主要是侏罗-白垩纪期间, 该区发生了剧烈而频繁的火山活动和构造运动. 前人研究表明该区侏罗纪髫髻山组和土城

子组均发生了强烈褶皱变形, 轴向 NNE-NE, 早白垩世热河群以角度不整合覆盖其上^[25](图 2).

建昌地区道虎沟生物群化石主要分布在玲珑塔以南的火山-沉积岩地层中. 我们在玲珑塔镇大西山剖面的含化石沉积岩中系统采集了 9 层火山灰(图 2). 由北向南, 样品采集起于玲珑塔镇北山口村, 终于黑山科徐长子东, 依次出露多层安山岩, 河流-湖泊相沉积岩和间夹的火山碎屑岩, 多层安山岩. 野外未见南北的安山岩与中间含化石沉积岩之间的直接接触关系. 沉积岩地层产状较一致, 倾向 NNW. 岩石薄片鉴定显示样品蚀变较普遍, 无法挑选新鲜长石. 本文选择了其中 3 层比较新鲜的火山灰样品进行锆石分选, 并在详细的锆石成因研究基础上进行 SIMS 锆石 U-Pb 定年. 样品 JC11-1a ($40^{\circ}52'3.2''\text{N}$, $119^{\circ}58'54.9''\text{E}$)所在的沉积层产出多门类化石, 岩性为灰色页岩, 夹有薄层黄褐色凝灰岩, 野外可见多件鱼化石残片, 位置比较靠近北部安山岩的顶部. 样品 JC11-6 ($40^{\circ}51'54.8''\text{N}$,

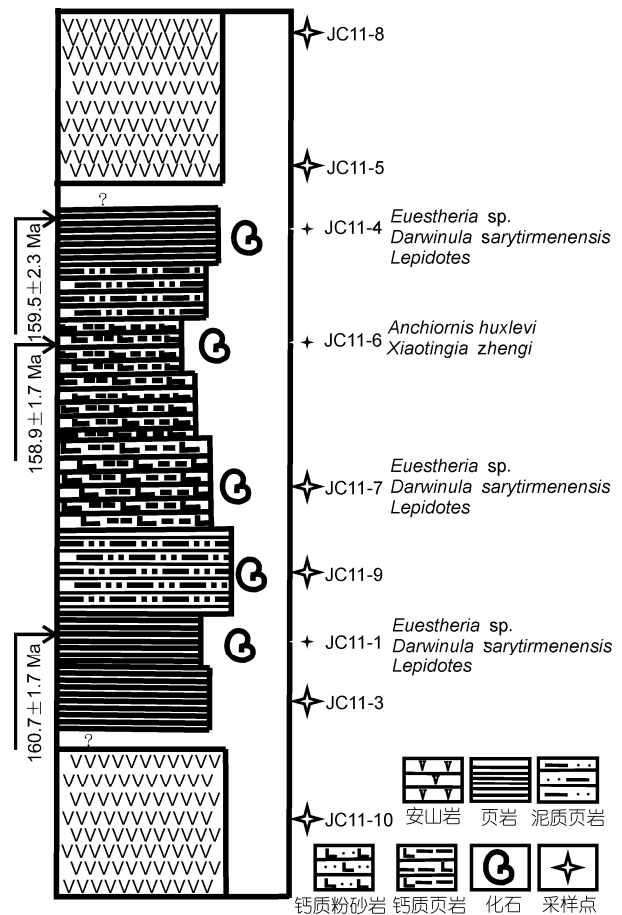


图 2 辽西建昌玲珑塔地区大西山剖面地层柱状图

实心星号表示本文研究的 3 个样品

119°59'52.8"E)采自中间沉积层的中部段的一个化石采集坑,该段沉积层主要岩性为灰白色钙质页岩,夹有黄褐色凝灰岩团块,此处采集坑产近鸟龙化石.样品 JC11-4 (40°51'55.1"N, 119°58'28.4"E)所在沉积层产出恐龙、鱼类和昆虫(蜻蜓)化石,岩性为灰白色页岩,夹有黄褐色凝灰岩团块,位置低于含介形虫的含灰白色钙质粉砂岩层(图 2),紧靠南部安山岩的上部层位,即为剖面的最低含化石层.

2 分析方法与实验结果

采用常规的重选和磁选技术,从 3 件待测样品(JC11-1a, JC11-4 和 JC11-6)中分选出无裂隙且晶形较好的锆石.将锆石样品颗粒和锆石标样 Plésovice^[26]和 Qinghu^[27]粘贴在环氧树脂靶上,然后抛光使其暴露一半晶面.对锆石进行透射光和反射光显微照相以及阴极发光图像分析,以检查锆石的内部结构,帮助选择适宜的测试点位.样品靶在真空中镀金以备分析.

锆石 U, Th, Pb 的测定在中国科学院地质与地球物理研究所 CAMECA IMS-1280 二次离子质谱仪(SIMS)上进行,详细分析方法见 Li 等人^[27,28].锆石标样与锆石样品以 1:3 比例交替测定. U-Th-Pb 同位素比值用标准锆石 Plésovice^[26] (337 Ma)校正获得, U 含量采用标准锆石 91500^[29] (81 ppm)(1 ppm=1 μg/g,下同)校正获得,以长期监测标准样品获得的标准偏差(1SD = 1.5%^[30])和单点测试内部精度共同传递得到样品单点误差,以标准样品 Qinghu^[27](159.5 Ma)作为未知样监测数据的精确度.普通 Pb 校正采用实测²⁰⁴Pb 值.由于测得的普通 Pb 含量非常低,假定普通 Pb 主要来源于制样过程中带入的表面 Pb 污染,以现代地壳的平均 Pb 同位素组成^[31]作为普通 Pb 组成进行校正.同位素比值及年龄误差均为 1σ. 数据结果处理采用 Isoplot/Ex rev. 2.49 软件^[32].

本次所测样品中的锆石颗粒(图 3)多为半自形-自形结构,无色透明-半透明.长度变化范围较大为 20~200 μm,长宽比为 1:1~5.5:1.形状有长柱状、圆形和次圆形.在 CL 图像中,大部分锆石具明显的振荡环带,表明其为典型岩浆成因的锆石;有些颗粒发育有振荡环带的同时还发育扇形分带,也说明其为岩浆成因的锆石;部分圆形不透明的颗粒上无环带发育或有发育不明显的环带;还有少量锆石发育有较强的阴极发光亮边,可能是后期变质作用改造

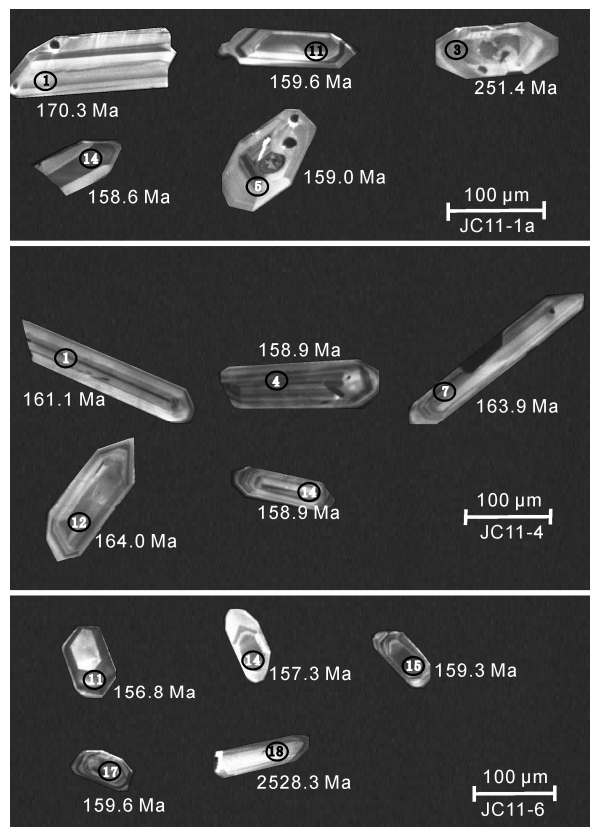


图 3 玲珑塔地区髻髻山组凝灰岩样品中代表性锆石的阴极发光(CL)图像

椭圆代表 SIMS 定年分析点号的位置及相应的 U-Pb 年龄

所致^[33].本次定年分析尽量选择岩浆成因特征明显的锆石区域,以期较好地限定岩浆喷发时限.

对 JC11-1a 样品中的 17 个锆石颗粒进行了 17 个分析点的 U-Pb 同位素年龄分析(表 1 和图 4(a)).所分析的锆石 U 含量介于 49~365 ppm, Th 含量介于 50~621 ppm, Th/U 比值在 0.67~1.70 之间变化.所有分析点均分布在谐和线附近,指示锆石自形成后没有发生明显的 Pb 丢失.谐和年龄为 160.7±1.4 Ma,这与这些点的加权平均年龄 160.7±1.7 Ma (MSWD = 1.3)在误差范围内一致.这个加权平均年龄可以代表凝灰岩样品 JC11-1a 的结晶年龄.

样品 JC11-4 的锆石粒度大小非常不均一,长度变化范围较大为 30~300 μm,长宽比介于 1:1~5.5:1.大部分锆石晶形为较好的柱状自形晶,发育有明显的振荡环带;也有部分圆形和次圆形的颗粒.呈圆形和次圆形的颗粒从 CL 图像上也显示岩浆震荡环带并具有继承核的特征;部分圆形和次圆形锆石的 CL 图

表 1 玲珑塔髻髻山组凝灰岩 SIMS 锆石 U-Pb 同位素分析结果

样品@点位	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	$f_{206}(\%^{a})$	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$\pm\sigma$ %	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$\pm\sigma$ %	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$\pm\sigma$	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$\pm\sigma$
JC11-1a@2	118	80	0.674	0.40	0.1615	7.30	0.0256	1.59	152.0	10.3	162.8	2.6
JC11-1a@4	109	86	0.783	0.00	0.1692	7.10	0.0247	1.67	158.7	10.5	157.1	2.6
JC11-1a@5	145	118	0.816	0.69	0.1670	7.70	0.0250	1.82	156.8	11.3	158.9	2.9
JC11-1a@6	142	94	0.660	0.40	0.1570	7.00	0.0245	1.54	148.1	9.7	156.3	2.4
JC11-1a@7	119	150	1.265	0.69	0.1508	10.60	0.0255	1.68	142.6	14.2	162.2	2.7
JC11-1a@8	111	73	0.652	0.47	0.1578	8.20	0.0251	1.65	148.8	11.4	159.7	2.6
JC11-1a@9	273	236	0.865	0.90	0.1840	6.60	0.0255	1.60	171.5	10.5	162.0	2.6
JC11-1a@10	49	50	1.010	0.00	0.1841	8.00	0.0251	3.17	171.6	12.7	160.0	5.0
JC11-1a@11	102	91	0.887	0.69	0.1532	10.70	0.0249	1.50	144.7	14.5	158.6	2.4
JC11-1a@12	229	282	1.235	1.01	0.1587	7.50	0.0263	1.55	149.6	10.4	167.1	2.6
JC11-1a@13	162	166	1.025	0.00	0.1867	6.90	0.0256	2.54	173.8	11.1	162.9	4.1
JC11-1a@14	165	226	1.368	0.60	0.1509	7.30	0.0247	2.11	142.7	9.8	157.6	3.3
JC11-1a@15	92	99	1.078	0.00	0.1836	7.60	0.0261	3.32	171.1	12.1	166.3	5.5
JC11-1a@16	68	82	1.212	0.00	0.1959	6.60	0.0263	2.88	181.7	11.1	167.3	4.8
JC11-1a@17	105	127	1.204	0.47	0.1571	8.30	0.0249	1.78	148.1	11.5	158.6	2.8
JC11-1a@18	365	621	1.703	0.14	0.1809	4.70	0.0257	1.51	168.8	7.3	163.7	2.4
JC11-1a@19	160	183	1.143	0.57	0.1679	6.60	0.0249	1.90	157.6	9.7	158.4	3.0
JC11-4@1	194	67	0.348	0.23	0.1709	4.91	0.0253	1.67	160.2	7.3	161.0	2.7
JC11-4@2	118	34	0.286	0.00	0.1712	6.35	0.0252	2.22	160.4	9.5	160.7	3.5
JC11-4@3	216	106	0.488	0.00	0.1623	3.91	0.0248	1.59	152.7	5.6	158.0	2.5
JC11-4@4	416	138	0.332	0.00	0.1702	3.00	0.0250	1.66	159.6	4.4	158.9	2.6
JC11-4@5	92	54	0.587	0.00	0.1656	5.94	0.0241	2.13	155.6	8.6	153.3	3.2
JC11-4@6	117	74	0.631	0.00	0.1533	6.59	0.0240	1.52	144.8	8.9	153.0	2.3
JC11-4@8	81	28	0.344	0.00	0.1771	8.24	0.0255	1.59	165.6	12.7	162.1	2.5
JC11-4@9	201	87	0.431	0.00	0.1783	3.89	0.0255	1.65	166.6	6.0	162.6	2.6
JC11-4@10	197	94	0.479	0.00	0.1830	4.38	0.0253	2.39	170.6	6.9	161.2	3.8
JC11-4@11	171	104	0.605	0.00	0.1840	4.07	0.0260	1.63	171.5	6.4	165.4	2.7
JC11-4@12	139	84	0.606	0.00	0.1866	4.41	0.0259	1.52	173.7	7.1	164.7	2.5
JC11-4@13	596	384	0.644	0.00	0.1753	2.58	0.0254	1.53	164.0	3.9	162.0	2.4
JC11-4@15	145	91	0.628	0.44	0.1761	6.87	0.0265	3.25	164.7	10.5	168.6	5.4
JC11-4@16	212	144	0.678	0.40	0.1547	5.35	0.0248	1.61	146.0	7.3	158.0	2.5
JC11-4@17	127	73	0.570	0.00	0.1810	4.55	0.0238	1.56	168.9	7.1	151.6	2.3
JC11-4@18	144	73	0.505	0.46	0.1642	7.05	0.0253	3.19	154.3	10.2	161.3	5.1
JC11-4@19	475	183	0.385	0.18	0.1708	3.17	0.0252	1.50	160.1	4.7	160.3	2.4
JC11-6@1	185	107	0.581	0.93	0.1696	6.80	0.0251	1.50	159.0	10.0	159.6	2.4
JC11-6@2	208	104	0.499	0.31	0.1732	5.20	0.0249	1.88	162.1	7.8	158.7	3.0
JC11-6@3	310	197	0.634	0.05	1.2242	3.00	0.1344	2.48	811.7	17.1	813.2	19.0
JC11-6@4	931	604	0.649	0.16	0.1651	2.80	0.0252	2.05	155.2	4.0	160.2	3.2
JC11-6@5	342	195	0.569	0.78	0.1529	5.50	0.0254	2.49	144.4	7.4	161.8	4.0
JC11-6@6	838	415	0.495	0.05	0.1665	2.70	0.0249	1.92	156.4	3.9	158.5	3.0
JC11-6@7	354	213	0.600	0.00	0.1681	3.40	0.0243	1.60	157.8	4.9	154.5	2.4
JC11-6@8	403	680	1.688	0.55	0.1565	4.90	0.0250	1.56	147.6	6.7	159.1	2.4
JC11-6@9	74	53	0.722	1.99	0.1397	16.50	0.0229	1.67	132.8	20.7	146.0	2.4
JC11-6@10	1386	948	0.684	0.09	0.1671	2.20	0.0252	1.60	156.9	3.2	160.7	2.5
JC11-6@11	493	237	1.225	1.56	0.1461	10.60	0.0246	2.69	138.4	13.8	156.8	4.2
JC11-6@12	258	146	0.567	19.60	0.1822	30.70	0.0232	1.70	169.9	49.2	148.1	2.5
JC11-6@13	112	99	0.884	1.74	4.2672	2.90	0.2843	1.51	1687.1	23.8	1612.8	21.5
JC11-6@14	216	252	1.166	2.24	0.1744	9.20	0.0247	2.39	163.2	14.0	157.3	3.7
JC11-6@15	529	294	0.557	0.38	0.1616	3.80	0.0250	1.51	152.1	5.4	159.3	2.4
JC11-6@16	204	113	0.553	41.00	0.3591	139.50	0.0258	17.65	311.6	318.7	164.2	28.7
JC11-6@17	396	222	0.560	0.11	0.1686	4.10	0.0251	2.58	158.2	6.0	159.6	4.1
JC11-6@18	104	160	1.538	0.06	11.0465	1.80	0.4802	1.50	2527.1	17.1	2528.3	31.5

(续表 1)

样品@ 点位	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	$f_{206\%}^a)$	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$\pm\sigma$ %	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$\pm\sigma$ %	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$\pm\sigma$	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$\pm\sigma$
Qinghu@1	1498	791	0.528	0.06	0.1734	2.42	0.0252	1.51	162.4	3.6	160.4	2.4
Qinghu@2	1812	837	0.462	0.09	0.1637	2.32	0.0244	1.51	154.0	3.3	155.3	2.3
Qinghu@3	675	353	0.524	0.00	0.1740	2.49	0.0246	1.51	162.9	3.8	156.7	2.3
Qinghu@4	1715	1058	0.616	0.00	0.1705	2.75	0.0245	1.70	159.9	4.1	156.2	2.6
Qinghu@5	865	426	0.492	0.10	0.1758	3.45	0.0257	2.49	164.5	5.2	163.5	4.0
Qinghu@6	1768	825	0.467	0.09	0.1677	2.14	0.0246	1.50	157.5	3.1	157.0	2.3
Qinghu@7	775	339	0.437	0.00	0.1712	3.18	0.0248	1.63	160.5	4.7	157.9	2.5
Qinghu@8	1007	629	0.624	0.00	0.1619	2.52	0.0241	1.63	152.3	3.6	153.3	2.5

a) $f_{206\%}$ 代表普通 Pb 占总 Pb 的比例. 带删除线的数据未参加年龄计算

像显示出其表面有磨蚀现象, 说明它们经历过一定距离的搬运. 对 17 颗锆石进行了 17 个分析点的 U-Pb 同位素年龄分析(表 1 和图 4(b)), 所分析的锆石 U 含量介于 81~596 ppm, Th 含量介于 34~384 ppm, Th/U 比值在 0.29~1.68 之间.

JC11-4 的 17 个分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比值在误差分析范围内基本一致, 从谐和图上可以看出锆石基本上没有 Pb 丢失现象. 17 个分析点得到了 U-Pb 谐和年龄为 159.5 ± 1.8 Ma (图 4(b)), 其锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 159.5 ± 2.3 Ma (MSWD=2.5). 两者在误差范围内一致, 因此, 该加权平均年龄代表了凝灰岩样品 JC11-4 的结晶年龄.

样品 JC11-6 的锆石粒度普遍偏小, 长度变化范围不大, 为 40~150 μm , 长宽比介于 1:1~3:1, 大部分锆石晶形较好, 为短柱状自形晶, 也有部分圆形和次圆形的颗粒. 虽然颗粒较小, 但是在 CL 图像上可以看见发育有明显的振荡环带. 呈圆形和次圆形的颗粒从 CL 图像上也显示岩浆震荡环带及继承核的特征, 部分圆形和次圆形锆石的 CL 图像显示其表面有磨蚀现象, 指示其经历过一定距离的搬运. 对 18 颗锆石进行了 18 个分析点的 U-Pb 同位素年龄分析(表 1 和图 4(c), (d)). 所分析的锆石 U 含量变化范围较大, 介于 74~1386 ppm, Th 含量介于 53~948 ppm, Th/U 比值在 0.50~1.69 之间变化.

样品 JC11-6 的 18 个分析点中, 有 3 个分析点得到了明显偏老的年龄(JC11-6@3, JC11-6@13 和 JC11-6@18), 分别为 813.2 ± 19.0 , 1612.8 ± 21.5 和 2527.1 ± 17.1 Ma, 应该是捕获的不同时代的锆石. 其余 15 个分析点在误差分析范围内基本一致, 其中 5 个分析点含有较高的普通铅含量, 其余 10 个分析点得到了

U-Pb 谐和年龄为 158.7 ± 1.8 Ma (图 4(d)), 与其锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄 158.9 ± 1.7 Ma (MSWD=0.5) 在误差范围内一致, 所以该加权平均年龄代表了凝灰岩的结晶年龄.

3 讨论与结论

辽西玲珑塔地区位于华北克拉通北部, 燕山中生代板内造山带东段, 区内盛产燕辽生物群(或道虎沟生物群)化石, 是研究鸟类起源以及鸟类和恐龙祖先分化的重要地区^[2,3]. 在中生代时期, 燕山构造带发生了大量的火山活动和构造运动, 给该区的地层对比工作带来了很大困难. 详细的同位素年代学工作可以为陆相地层的对比提供有力的支持. 本文对玲珑塔地区髫髻山组地层中含中华侏罗兽和近鸟龙等重要脊椎动物化石层的 3 件凝灰岩样品(即 JC11-1a, JC11-4 和 JC11-6)进行了高精度的 SIMS 锆石 U-Pb 定年, 获得了在误差范围内近乎一致的晚侏罗世年龄, 其加权平均年龄分别为 160.7 ± 1.7 , 159.5 ± 2.3 和 158.9 ± 1.7 Ma. 3 个样品的采样点均在含化石层或在含化石层的最近层(图 2), 可以较好地控制含化石层的年龄, 也可以代表化石层的时代. 根据近年广泛使用的地质年表 GTS2004^[34]和新近修订的地质年表 GTS2012^[35], 中、晚侏罗世界线的年龄为 161.2 ± 4.0 Ma^[34]或 163.5 ± 1.1 Ma^[35], 3 个年龄数据属于晚侏罗世早期. 另外, 这 3 个年龄数据在误差范围内一致, 表明玲珑塔地区的髫髻山组沉积层持续时间很短, 燕辽生物群的时代也可定在 159~161 Ma, 即属于晚侏罗世早期. 这个地层时代归属与古生物学家对燕辽生物群昆虫化石研究得出的中侏罗世最晚期至晚侏罗世早期的结论基本一致^[36,37].

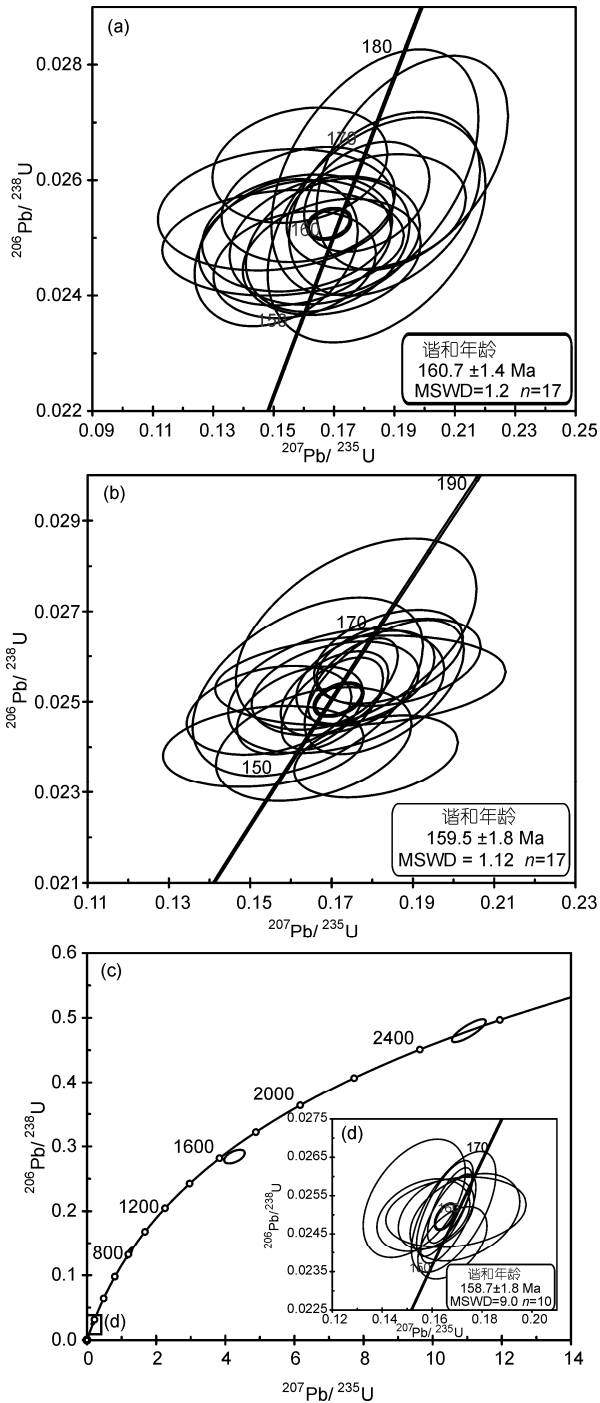


图4 玲珑塔地区髫髻山组凝灰岩锆石 SIMS U-Pb 谐和年龄图

(a) 样品 JC11-1a 锆石分析结果; (b) 样品 JC11-4 锆石分析结果; (c) 样品 JC11-6 锆石分析结果, 其中放大图(d)为 JC11-6 的 10 颗锆石分析结果

值得指出的是, 最近 Liu 等人^[19]采用 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年也对玲珑塔地区大西山含化石层中的 3 层凝灰岩进行了同位素年代学研究, 分别得到 160.5 ± 0.99 , 161.0 ± 1.44 和 158.5 ± 1.6 Ma 三个年龄数据, 与本文的 SIMS 锆石 U-Pb 年龄数据基本一致, 但认为建昌玲珑塔大西山火山-沉积岩地层中的化石属于中侏罗世的髫髻山组。

本文以及 Liu 等人^[19]对玲珑塔地区髫髻山组含化石层及其附近层位获得的同位素年龄结果与前人在邻区的髫髻山组获得的同位素年龄基本一致, 例如, 北票蓝旗安山角砾熔岩的锆石 LA-ICPMS U-Pb 年龄 159.4 ± 3.4 Ma^[24]、北票地区蓝旗组(髫髻山组)底部火山灰的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄 160.7 ± 0.4 , 158.7 ± 0.6 Ma^[22]; 与辽西凌源蓝旗组安山质火山角砾岩和凝灰岩锆石 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 158.0 ± 1.0 Ma^[38]在误差范围内也基本一致; 与内蒙古宁城地区含道虎沟化石层之上和之下的火山岩透长石 Ar-Ar 年龄和 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 152~168 Ma^[15,23]在误差范围内也基本吻合, 因此, 我们认为玲珑塔地区髫髻山组(蓝旗组)沉积地层与冀北地区和内蒙宁城地区的同组地层属于同期形成。

由于近年来在建昌玲珑塔地区发现了一批具有重要演化意义的脊椎动物化石, 包括被认为最早的真兽类哺乳动物——中华侏罗兽^[9], 最早的带毛恐龙——郝氏近鸟龙^[10]、郑氏晓廷龙^[11]、长尾的翼龙^[12,39]等, 因此准确的年代标定对研究最早鸟类和恐龙祖先的分化, 以及有袋类和胎盘类哺乳动物的分化历史均具有关键的意义。此外, 在内蒙宁城道虎沟地区相同地层也发现了大量重要的脊椎动物和昆虫等化石, 如最早飞行的哺乳动物^[40]、最早游泳的哺乳动物^[41]、最早具有展示功能尾羽的带毛恐龙^[42]、具有毛状物的翼龙^[43]、最早传粉的昆虫^[44]以及最古老的可能具有吸血功能的“巨型”跳蚤化石^[45]等等, 因此, 建昌玲珑塔地区髫髻山组燕辽生物群的准确年代标定对研究近鸟和恐龙的分化、鸟类的起源、翼龙的演化以及真兽类起源与其他哺乳动物的分化提供了重要的年代证据。对于燕辽生物群各区域类群间, 以及燕辽生物群与同时代其他生物群之间的对比提供了确切的时间依据。

致谢

感谢中国地质大学吴元保教授、中国科学院地质与地球物理研究所李献华研究员、李秋立博士和刘宇工程师的讨论和帮助。

参考文献

- 1 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. 古脊椎动物学报, 2000, 38: 81–99
- 2 汪筱林, 周忠和, 张福成, 等. 热河生物群发现带“毛”的翼龙化石. 科学通报, 2002, 47: 54–58
- 3 Zhang J F. The most primitive earwigs (Insecta: Dermaptera: Archidermaptera) from Upper Jurassic of Nei Monggol Autonomous Region, northern China. Acta Micropalaeont Sin, 2002, 19: 348–362
- 4 Gao K Q, Shubin N H. Earliest known crown-group salamanders. Nature, 2003, 422: 424–428
- 5 王原. 内蒙古中生代有尾两栖类一新种: 道虎沟辽西蜥. 科学通报, 2004, 49: 814–815
- 6 Chang M M, Chen P J, Wang Y Q, et al. The Jehol Biota: The Emergence of Feathered Dinosaurs, Beaked Birds and Flowering Plants. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2003. 1–208
- 7 Zhou Z H, Clarke J, Zhang F C, et al. Gastroiths in Yanornis: An indication of the earliest radical diet-switching and gizzard plasticity in the lineage leading to living birds? Naturwissenschaften, 2004, 91: 571–574
- 8 周忠和. 热河生物群脊椎动物的辐射及其环境背景. 科学通报, 2004, 49: 718–720
- 9 Luo Z X, Yuan C X, Meng Q J, et al. A Jurassic eutherian mammal and divergence of marsupials and placentals. Nature, 2011, 476: 442–445
- 10 Hu D Y, Hou L H, Zhang L J, et al. A pre-*Archaeopteryx* troodontid theropod from China with long feathers on the metatarsus. Nature, 2009, 461: 640–643
- 11 Xu X, You H L, Du K, et al. An Archaeopteryx-like theropod from China and the origin of Avialae. Nature, 2011, 475: 465–470
- 12 Lü J C, Unwin D M, Jin X S, et al. Evidence for modular evolution in a long-tailed pterosaur with a pterodactyloid skull. Proc Roy Soc B, 2010, 277: 383–389
- 13 汪筱林, 周忠和, 贺怀宇, 等. 内蒙古宁城道虎沟化石层的地层关系与时代讨论. 科学通报, 2005, 50: 2127–2135
- 14 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. 地质通报, 2002, 21: 584–588
- 15 柳永清, 刘燕学, 姬书安, 等. 内蒙古宁城和辽西凌源热水汤地区道虎沟生物群与相关地层 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年及有关问题的讨论. 科学通报, 2006, 51: 2273–2282
- 16 Ji Q, Yuan C X. New advances in the study of Middle Jurassic mammals in China. Acta Geosci Sin, 2008, 29: 377–384
- 17 段治, 郑少林, 胡东宇, 等. 辽宁建昌玲珑塔地区中侏罗世地层与化石初步报道. 世界地质, 2009, 28: 143–147
- 18 Jiang X J, Liu Y Q, Peng N, et al. Middle Jurassic pterosaur and feathered dinosaur bearing-strata at Linglongta, Jianchang county, Western Liaoning. Acta Geosci Sin, 2010, 31(Suppl 1): 33–35
- 19 Liu Y Q, Kuang H W, Jiang X J, et al. Timing of the earliest known feathered dinosaurs and transitional pterosaurs older than the Jehol Biota. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol, 2012, 323–325: 1–12
- 20 Zhou Z H, Jin F, Wang Y. Vertebrate assemblages from the Middle-Late Jurassic Yanliao Biota in Northeast China. Earth Sci Front, 2010, 17: 252–254
- 21 He H Y, Wang X L, Zhou Z H, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of ignimbrite in Inner Mongolia, northeastern China indicates a post-Middle Jurassic age for the overlying Daohugou Bed. Geophys Res Lett, 2004, 31: L20609
- 22 Chang S C, Zhang H C, Renne P R, et al. High-precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age constraints on the basal Lanqi Formation and its implications for the origin of angiosperm plants. Earth Planet Sci Lett, 2009, 279: 212–221
- 23 陈文, 季强, 刘敦一, 等. 内蒙古宁城地区道虎沟化石层同位素年代学. 地质通报, 2004, 23: 1165–1169
- 24 Ma Q, Zheng J P. *In-situ* U-Pb dating and Hf isotopic analyses of zircon in the volcanic rock of the Lanqi Formation in the Beipiao area, western Liaoning Province. Acta Petrol Sin, 2009, 25: 3287–3297
- 25 宋鸿林, 张长厚, 王根厚, 等. 中华人民共和国区域地质调查报告青龙县幅(1:250000). 北京: 中国地质大学(北京)地质调查研究院, 2004
- 26 Sláma J, Košler J, Condon D J, et al. Plešovice zircon—A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. Chem Geol, 2008, 249: 1–35
- 27 Li X H, Liu Y, Li Q L, et al. Precise determination of Phanerozoic zircon Pb/Pb age by multicollector SIMS without external standardization. Geochem Geophys Geosyst, 2009, 10: Q04010
- 28 Li Q L, Li X H, Liu Y, et al. Precise U-Pb and Th-Pb age determination of kimberlitic perovskites by secondary ion mass spectrometry. Chem Geol, 2010, 269: 396–405
- 29 Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, et al. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace-element and REE analyses. Geostand News, 1995, 19: 1–23
- 30 Li Q L, Li X H, Liu Y, et al. Precise U-Pb and Pb-Pb dating of Phanerozoic baddeleyite by SIMS with oxygen flooding technique. J Anal At Spectrom, 2010, 25: 1107–1113

- 31 Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth Planet Sci Lett*, 1975, 26: 207–221
- 32 Ludwig K R. Users manual for Isoplot/Ex rev. 2.49. Berkeley Geochronol Cent Spec Publ, 2001, (1a): 1–56
- 33 吴元保, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约. *科学通报*, 2004, 49: 1589–1604
- 34 Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G. *A. Geologic Time Scale 2004*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 1–589
- 35 Gradstein F M, Ogg J G, Schmitz M, et al. *The Geologic Time Scale 2012*. Amsterdam: Elsevier, 2012
- 36 Zhang J F. New species of *Palaeobolbomyia* Kovalev and *Ussatchovia* Kovalev (Diptera, Brachycera, Rhagionidae) from the Callovian-Oxfordian (Jurassic) Daohugou Biota of China: Biostratigraphic and paleoecologic implications. *Geobios*, 2010, 43: 663–669
- 37 Zhang J F. Records of Bizarre Jurassic Brachycerans in the Daohugou Biota, China (Diptera, Brachycera, Archisargidae and Rhagionemestriidae). *Palaeontology*, 2010, 53: 307–317
- 38 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: 854–863
- 39 Wang X L, Kellner A W A, Jiang S X, et al. An unusual long-tailed pterosaur with elongated neck from western Liaoning of China. *An Acad Bras Cienc*, 2009, 81: 793–812
- 40 Meng J, Hu Y M, Wang Y Q, et al. A Mesozoic gliding mammal from northeastern China. *Nature*, 2006, 444: 889–893
- 41 Ji Q, Luo Z X, Yuan C X, et al. A swimming mammaliaform from the Middle Jurassic and ecomorphological diversification of early mammals. *Science*, 2006, 311: 1123–1127
- 42 Zhang F C, Zhou Z H, Xu X, et al. A bizzard Jurassic maniraptoran from China with elongate ribbon-like feathers. *Nature*, 2008, 455: 1105–1108
- 43 汪筱林, 周忠和, 张福成, 等. 热河生物群发现带“毛”的翼龙化石. *科学通报*, 2002, 47: 54–58
- 44 Ren D, Labandeira C C, Santiago-Blay J A, et al. A probable pollination mode before angiosperms: Eurasian, longproboscis scorpionflies. *Science*, 2009, 326: 840–847
- 45 Huang D Y, Engel M S, Cai C Y, et al. Diverse transitional giant fleas from the Mesozoic era of China. *Nature*, 2012, 483: 201–204

SIMS U-Pb zircon age of Jurassic sediments in Linglongta, Jianchang, western Liaoning: Constraint on the age of oldest feathered dinosaurs

WANG LiangLiang^{1,2,3}, HU DongYu⁴, ZHANG LiJun⁴, ZHENG ShaoLin⁴, HE HuaiYu¹, DENG ChengLong⁵, WANG XiaoLin⁶, ZHOU ZhongHe⁶ & ZHU RiXiang⁵

¹Key Laboratory of the Earth's Deep Interior, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

²State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

³Huolinhe Opencut Coal Industry Corporation Limited of Inner Mongolia, Huolinguole, 029200, China;

⁴Paleontological Institute, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China;

⁵State Key Laboratory of Lithospheric Evolution, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

⁶Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044, China

Mesozoic fossil locality in Linglongta village, Jianchang County, western Liaoning, has drawn extensive attention among paleontologists as producing hundreds of beautifully preserved feathered dinosaurs and mammals. The SIMS U-Pb zircon analyses of zircons derived from three tuff layers in Daxishan section in Linglongta yield (160.7±1.7), (159.5±2.3) and (158.9±1.7) Ma, indicating that they were formed at early Late Jurassic. Such a result is generally consistent with biostratigraphic evidence, providing a maximum known age for the first appearance of feathered dinosaurs.

Jianchang Linglongta, Late Jurassic, U-Pb dating, feathered dinosaurs

doi: 10.1360/972012-535

《科学通报》(Chinese Science Bulletin) 征稿简则

《科学通报》(Chinese Science Bulletin) 创刊于 1950 年, 是中国科学院和国家自然科学基金委员会共同主办、《中国科学》杂志社出版的自然科学综合性学术刊物。《科学通报》致力于快速报道自然科学各学科基础理论和应用研究的最新研究动态、消息、进展, 点评研究动态和学科发展趋势, 要求文章的可读性强, 能在比较宽泛的学术领域产生深刻的影响。2010 年起《科学通报》改为旬刊, 每月 10 日、20 日、30 日(2 月最后一天)出版。

为提高文章传播速度, 扩大文章传播范围, Chinese Science Bulletin 自 2011 年起发表的全部文章采取开放存取(Open Access)方式出版, 全球读者可在 SpringerLink 平台免费下载。

《科学通报》是《中国科技论文与引文数据库》和《中国科学引文数据库》的源期刊, 被《中国期刊全文数据库》收录, 并进入《中文核心期刊要目总览》。

《科学通报》的英文版 Chinese Science Bulletin 是 SCI 核心期刊, 同时被 Academic Search Complete, Chemical Abstracts, Current Contents, Environmental Engineering Abstracts, Environmental Sciences and Pollution Management, Inspec, Pollution Abstracts, Water Resources Abstracts, Zoological Record 等国际著名检索系统和数据库收录。

1. 《科学通报》设有以下主要栏目:

(1) 评述类

点评: 评介近期在国内外重要刊物上发表的重要研究成果, 以及国家级各重要科技奖项的研究成果等(1~2 个印刷面)。

进展: 评介当前迅速发展的某个研究领域或方向的突出进展, 归纳总结该领域近 2~3 年取得的重要成果(3~4 个印刷面)。

评述: 综述某一重要研究领域的代表性成果, 评论研究现状, 提出今后研究方向的建议(6~8 个印刷面)。

前沿: 评述当前活跃的、迅速发展的学科领域的研究现状、进展和存在问题, 对未来研究提出有洞察力的设想。本栏目以约稿为主。

(2) 论文类

快讯: 迅速、简要地报道具创新性和新颖性的科研成果(不超过 3 个印刷面)。

论文: 报道具创新性、高水平 and 重要科学意义的最新科研成果(不超过 7 个印刷面)。

(3) 讨论类

论坛: 对重要科学问题、科研管理政策或国家重大科技规划发表评论(不超过 4 个印刷面)。

争鸣: 就《科学通报》发表的文章进行讨论和答辩, 或就当前科学研究中的某个有争议的热点问题予以评论(不超过 3 个印刷面)。

(4) 消息类

简报: 简要介绍发表在《科学通报》英文版(Chinese Science Bulletin)上的论文及快讯文章的主要内容(1 个印刷面)。

动态: 报道重大科技新闻、科研信息、我国科学界重要的学术活动以及在我国举办的重要国际学术会议(0.5 个印刷面)。

书评: 评介国内外近期出版的高水平、高质量的自然科学学术论著(1 个印刷面)。

2. 请使用在线方式投稿: 访问本刊网站 csb.scichina.com (或 www.科学通报.cn), 进入“作者投稿系统”。首次投稿时需注册一个“作者账户”, 注册完成之后, 按照提示与引导将稿件上传到数据库服务器。

3. 稿件的取舍将由本刊编委会决定, 评审过程大约需要 30~60 天。评审结束后, 无论录用与否, 编辑部将及时向作者转达评审意见。作者若在 60 天内没有收到编辑部有关稿件的取舍意见, 请及时与编辑部联系。作者在通知编辑部后, 可以改投他刊。本刊不受理“一稿多投”之稿件。

4. 稿件被录用后, 全体作者必须签署“著作权转让声明书”, 将该论文(各种语言版本)的复制权、发行权、信息网络传播权、翻译权、汇编权在全世界范围内转让给《科学通报》的出版单位《中国科学》杂志社。全体著作权人授权《中国科学》杂志社根据实际需要独家代理申请上述作品的各种语言版本(包含各种介质)的版权登记事项。

5. 详细的投稿指南请见《中国科学》杂志社网站《科学通报》主页。

科学通报

CHINESE SCIENCE BULLETIN

第 58 卷 第 14 期 2013 年 5 月 20 日出版

(版权所有, 未经许可, 不得转载)

主 管	中 国 科 学 院	出 版	《中国科学》杂志社
编 辑	中 国 科 学 院 《科学通报》编辑委员会	印 刷 装 订	北京(100717)东黄城根北街 16 号
	北京(100717)东黄城根北街 16 号	总 发 行 处	北京报刊发行局
主 编	夏 建 白	订 购 处	全 国 各 邮 电 局
			《中国科学》杂志社发行部

刊号: $\frac{\text{ISSN } 0023-074X}{\text{CN } 11-1784/N}$ 代号: $\frac{\text{国 外 TM41}}{\text{国内邮发 } 80-213}$

每期定价: 116.00 元 全年定价: 4176.00 元

广告经营许可证: 京东工商广字第 0429 号

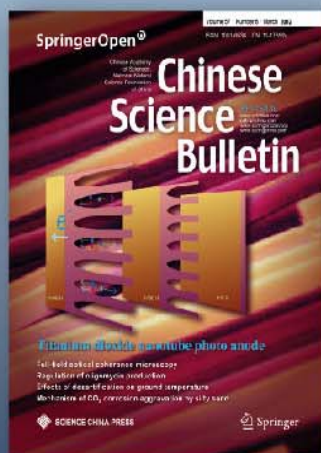
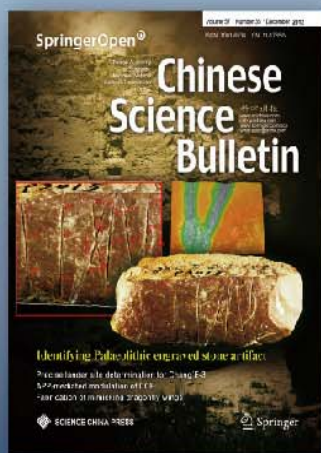
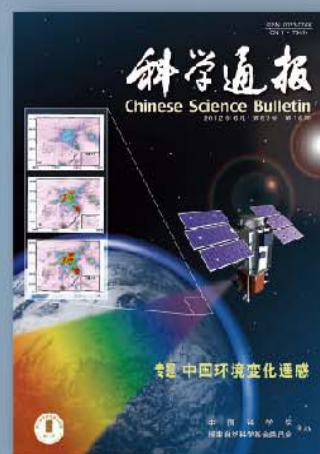
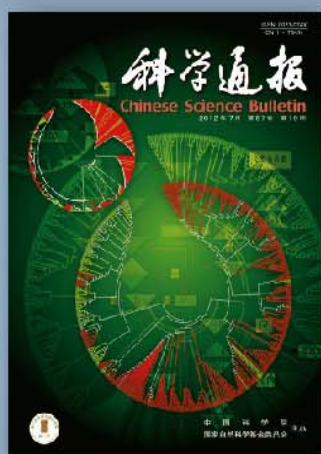
科学通报

Chinese Science Bulletin

- 1950年创刊，自然科学综合性学术刊物
- 旬刊，发表及时快速
- 栏目丰富，可读性强
- 英文版OA出版，全球免费获取

主编：夏建白

csb.scichina.com | www.springer.com/csb



公正快速的稿件审理 | 严格规范的编辑加工 | 专业周到的出版服务

- 中文期刊被《中国科技论文与引文数据库》、《中国科学引文数据库》和《中文核心期刊要目总览》等检索系统收录。
- 英文期刊被SCI、CA、SCOPUS等检索系统收录。

ISSN 0023-074X

