

义县阶的时代与侏罗系—白垩系界线

——义县阶标准地层剖面建立和研究之三

王五力¹⁾, 张立君¹⁾, 郑少林¹⁾, 任东²⁾, 郑月娟¹⁾, 丁秋红¹⁾, 张宏¹⁾, 李之彤¹⁾, 杨芳林¹⁾

1) 沈阳地质矿产研究所, 110032; 2) 首都师范大学生物系, 北京, 100037

内容提要: 义县阶中孔子鸟类、中华龙鸟类、翼龙类、叶肢介、昆虫、双壳类和植物(包括木化石)时代确定为晚侏罗世晚期或提塘晚期; 哺乳类、鸟臀类恐龙和孢粉为早白垩世早期或贝里阿斯期; 介形类、鱼类为晚侏罗世—早白垩世过渡期或提塘晚期—贝里阿斯期。考虑到义县期生物群与德国索伦霍芬(Solnhofen)生物群、英国普尔贝克(Purbeck)生物群、日本晚侏罗世手取(Tetori)型、领石(Ryoseki)型植物群可以比较、对比以及与中侏罗世约克郡(Yorkshire)植物群、大河口(Great Estuarine)叶肢介群的联系分析, 综合时代可确定为提塘晚期至贝里阿斯期; 尖山沟层时代倾向于提塘晚期, 大康堡层时代倾向于贝里阿斯期。由于可与义县组对比的英国普尔贝克(Purbeck)群(组或层)的侏罗系与白垩系界线仍未确定; 同时因缺乏实测数据, 国际地层表推荐的144 Ma、145 Ma、135 Ma等侏罗系与白垩系界线年龄, 不能作为可靠的依据标准; 因此应据中国义县阶标准地层剖面的综合生物年代及实测同位素年代确定侏罗系与白垩系界线, 界线倾向于义县阶下部尖山沟层与上部大康堡层之间, 同位素年龄以124 Ma为界线年龄符合目前综合生物年代, 是较优选的方案。

关键词: 义县阶; 侏罗系—白垩系界线; 提塘期; 贝里阿斯期; 辽西

义县阶的涵义限定为义县—北票地区单位层型、辅助单位层型及滦平地区界线层型中, 底部陆家屯层(老公沟层、业南沟层), 下部尖山沟层(砖城子层)、大店子层, 上部大康堡层、朱家沟层及其有关的火山岩沉积所代表的地层。金刚山层不在其内, 而是九佛堂阶的底部地层。广义的“尖山沟层”包括了陆家屯层(老公沟层、业南沟层)和尖山沟层及其间的火山岩地层(陈丕基等, 2004), 但陆家屯层是四合屯地区巨大的火山机构——后燕子沟破火山边缘最底部的沉积, 尖山沟层是该破火山北缘的山前沉积; 在尖山沟层分布区, 其下伏的火山岩层可厚、可薄, 甚至缺失; 在标准剖面上, 陆家屯层和尖山沟层之间夹有近300 m的火山岩地层, 在后燕子沟破火山中心部位, 火山岩厚度大于430 m, 因此广义的“尖山沟层”的划分是有问题的, 不能将尖山沟层作为义县组最底部的沉积(张立东等, 2001; 张立东等; 王五力等, 2003, 2004)。上述涵义的义县阶沉积, 其时代历来存在争议, 最近有晚侏罗世或提塘(Tithonian)晚期(侯连海, 2002; Chen, 2003); 提塘晚期—贝里阿斯期(Berriasian), 倾向于提塘晚期(陈丕基, 2004;

王五力, 2004); 早白垩世早期或贝里阿斯期—早凡兰吟期Va(李佩贤, 2001; 庞其清等, 2002)以及早白垩世中期晚欧特里夫—巴列姆期(Zhou et al., 2003)等多种意见。本文较为客观地综合研究后, 认为义县阶的时代是侏罗纪—白垩纪过渡期(提塘晚期—贝里阿斯期), 将侏罗系—白垩系的界线放在其中上部。

1 义县阶不同类别生物化石的综合年代分析

1.1 孔子鸟类、中华龙鸟类、短尾翼龙类和昆虫群与德国索伦霍芬(Solnhofen)生物群的对比

1.1.1 义县阶孔子鸟、中华龙鸟、短尾翼龙和鹦鹉嘴龙为优势群, 时代为提塘晚期

包括始反鸟*Eoenantiornis*、辽西鸟*Liaoxiornis*、辽宁鸟*Liaoningornis*、原羽鸟*Protapteryx*等在内的孔子鸟(*Confuciusornis*)群产于尖山沟层及其相当层位(王五力等, 2004); 其中以孔子鸟为代表, 不仅类型数量多, 分布范围也较广, 而且最具时代意义。孔子鸟与始祖鸟的基本形态完全相似, 但较进步, 时

注: 本文为科技部2000年度科技基础性工作第35专项、国土资源部专项(编号9501122-3)和中国地质调查局项目(编号GDJ2-2)的成果。

收稿日期: 2004-11-24; 改回日期: 2005-01-27; 责任编辑: 王思恩。

作者简介: 王五力, 男, 1941年生。研究员。主要从事叶肢介、中生代地层和构造地层学研究。通讯地址: 100032, 沈阳地质矿研究所。

张立东, 等. 2002. 北票市幅、上园幅、义县幅、地藏寺幅1:5万区域地质调查报告

代较始祖鸟稍晚,但仍具侏罗纪的时代特征;孔子鸟群的时代应为晚侏罗世晚期(Hou, 1995; 侯连海等, 1995, 2002)。

以中华龙鸟(*Sinosauropteryx prima*)群为代表的美颌龙科化石同样产于尖山沟层及其相当层位(王五力等, 2004), 其与德国提塘早期索伦霍芬层的美颌龙*Campsognathus*相似, 但比美颌龙较进步, 相对生存年代亦应偏晚; 其中原始祖鸟(*Protarchaeopteryx*)亦与中华龙鸟、始祖鸟可以比较; 上述蜥臀类恐龙化石的时代属晚侏罗世晚期(季强等, 1996a, 1997; Chen et al., 1998; 陈丕基, 2004)。

义县阶的翼龙类有翼手龙类*Haplopterus gracilis*和*Eosipterus yangi*, 喙嘴龙类*Denudorhynchoides curvidentatus*等, 亦发现于尖山沟层及其相当层位(王五力等, 2004)。其中翼手龙类较索伦霍芬的成员进步, 如*Haplopterus gracilis*, 同时有比较原始的喙嘴龙类的分子, 与索伦霍芬灰岩的翼龙组合具有一定的相似性, 时代晚于索伦霍芬灰岩(Wang et al., 2001; 汪筱林等, 2001b, 2002a, 2002b, 2003)。但鉴于喙嘴龙亚目最晚分布时代为晚侏罗世, 翼手龙科是西欧晚侏罗世代表性翼龙, 其中*Eosipterus*显示较原始的特征, 这些组合在德国索伦霍芬、坦桑尼亚Tendaguru、北美Como Bluff、哈萨克斯坦Karatau均有分布, 时代应为晚侏罗世晚期(姬书安, 1997, 1999)。

上述主要赋存于尖山沟层及其相当层位的义县期的鸟类、蜥臀类恐龙和翼龙类均与索伦霍芬的同类别有相似性, 同时又具有较索伦霍芬同类稍进步的类型, 由于索伦霍芬灰岩时代应为提塘早期, 有理由相信义县阶的上述三大类脊椎动物群时代显示为提塘晚期。

1.1.2 义县昆虫群与德国索伦霍芬昆虫有一定的比较性, 时代属晚侏罗世晚期

在索伦霍芬分布的*Aeschnidium*(衍蜉)无疑已在四合屯尖山沟层发现(张俊峰, 1999), 但*Sinaeschnidia cancellosa*(任东等, 1995)与*Aeschnidium heishankowense*是否为同物异名还需通过研究*Sinaeschnidia heishankowense*的模式标本进一步证明。洪友崇(2003)认为*Aeschnidium*与*Sinaeschnidia*仍有本质不同, 是两个不同的属。但无可否认上述大型蜉类与索伦霍芬的*Aeschnidium densum*有一定的相似性, “*Aeschnidium heishankowense*”可能是由*A. densum*迁移至东亚所

形成的一个特定的种群(张俊峰, 1999); 此外索伦霍芬的代表性昆虫, 如*Kalligramma*, *Protonotaria*, *Aboilus*, *Karatavoblatta*等在义县阶尖山沟层和砖城子层中均有发现。义县昆虫群以蜉蝣类、蜻蜓类、鞘翅类、脉翅类、蛇蛉类、膜翅类为主, 蛇蛉类总体上表现出比早白垩世的蛇蛉化石群原始, *Chrysogonophus*为里阿期箭蜓科的成员, 该科已知属种时代均为侏罗纪早中期, 蜚蠊目*Karatavoblatta formosa*较发育, 亦见于哈萨克斯坦卡拉套地区晚侏罗世沉积中, 上述昆虫群应属晚侏罗世晚期(任东, 1994, 1995, 2002; Ren, 1996, 1998; Ren et al., 2003; 张俊峰, 1999)。值得指出, 大康堡层有常见的热河昆虫群分子, 时代意义不强(王五力等, 2004); 但孟氏丽昼蜓(*Abrocheroscopus mengi*)发现于义县大凌河以北的大康堡层, 时代为早白垩世, 原作者认为是九佛堂组(刘金远等, 2004); 该层位目前虽然存在争议, 但基本已可肯定是大康堡层(王五力等, 2003), 因此义县昆虫群主体应为晚侏罗世, 有延续到早白垩世贝利阿斯期的可能性(洪友崇, 1998, 2003)。

1.1.3 鸟臀类恐龙和原始哺乳动物的时代属早白垩世, 但不应晚于贝利阿斯期

除上述三个主要类别的脊椎动物外, 鸟臀类恐龙在整个义县阶中亦较发育, 其中鸚鵡嘴龙(*Psittacosaurus*)在义县阶底部及中下部产出的个体数量多, 分布层位多, 分布的范围广, 但四合屯地区较其他地区的鸚鵡嘴龙均具有更多的原始特征(姬书安, 1999), 同时在义县阶之下的大店子组中部和松花江群中下部均可能存在(地质矿产部天津地质矿产研究所, 1984; 吉林地质矿产局, 1992), 说明该类化石的时限较长, 并是地区性分子, 不具有全球的对比性, 时代意义较差。

其余的鸟臀类恐龙, 如产于陆家屯层的鸟脚类中未定科的*Jeholosaurus shangyuanensis*及角龙类*Liaoceratops yanzigouensis*, 大康堡层中禽龙科的*Jinzhousaurus yangi*等; 原始哺乳动物, 如陆家屯层中爬兽科的*Repenanamus robustus*, 尖山沟层及其相当层位中鼯兽科的*Zhangheotherium quinquedens*, 真三尖齿兽目未定科的*Jeholodens jenkinsi*, 始俊兽科的*Sinobaatarlingyuanensis*及真兽类具胎盘的*Eumailia scansoria*等(王五力等, 2004), 虽然显示其时代应属早白垩世(Hu et al., 1997; 徐星等, 1998, 2000; 胡耀明等, 1998, 2002; 汪筱林等, 2001a), 但考虑到鸟类、蜥臀类恐龙和翼龙类时代为提塘晚期, 鸟臀类恐龙和原始哺乳动物的时代亦不

应晚于贝利阿斯期。

1 2 义县阶介形 孢粉生物群与英国普尔贝克 (Purbeck) 群 (组或层) 生物群的对比

1 2 1 介形类时代为提塘晚期或者提塘晚期—贝利阿斯早期

义县阶底部及尖山沟层相当层位中 *Cyp ridea* (*Cyp ridea*) *liaoningensis*—*Yanshanina dabeigouensis*—*Djungarica cam arata* (辽宁女星介—大北沟燕山介—拱准噶尔介) 组合带 (王五力等, 2004) 中, 除代表分子外, 在冀北和辽西地区主要还有 *Cyp risea* (*Cyp ridea*) *rehensis*, *C. (C.) tubercularis*, *C. (C.) p riva*, *C. (C.) stenolonga*, *C. (C.) subgranulosa*, *C. (U lw ellia) beip iaoensis*, *L in nocyp ridea subp lana*, *M ongolianella subtrapezoidea*, *Eop aracyp ris dad ianz iensis*, *Rhinocyp ris subechinata* 等。其中有些属种是从大北沟组延续过来的, 如 *L uanp ingella postacum inata*, *Eop aracyp ris dad ianz iensis*, *L in nocyp ridea subp lana*, *M ongolianella p alm osa*, *M. subtrapezoidea*, *Yanshanina dabeigouensis*, *Lycop terocyp ris inf antilis*, *Rhinocyp ris subechinata*, *Daw inula dad ianz iensis* 等, 从而表明义县阶和大北沟阶在世纪年代地层单位中具有很大的一致性。但是义县阶的 *Cyp ridea* 已较发育, 壳面装饰开始向复杂方向发展。尽管在全球范围内无争议的 *Cyp ridea* 从基末里早期就已出现, 然其丰度和分异度均较低。只有到早白垩世女星介的发展才抵鼎盛阶段。显然, 义县期的介形类化石组合处于侏罗系与白垩系界线的临界期。这种情况在东亚地区较为普遍, 如蒙古中部的温都尔汉组, 蒙古东南部的查干察布组, 俄罗斯西外贝加尔南区鹅湖群之下的希洛克组, 均属义县期产物。

上述介形类与英国中、下普尔贝克的介形类化石组合面貌相近, 如 *Cyp ridea liaoningensis* *liaoningensis* 和 *Cyp ridea (U lw ellia) beip iaoensis* 可与英国 *Cyp ridea granulosa* 和 *Cyp ridea dunkeri carinata* 带化石分别相比较。波兰良赞阶含良赞菊石 (*R iasanites riasanensis*) 带之下以非海相为主的地层, 自上而下分为 6 层 (A—F 层) (Sztejn, 1991), A 层至 F 层上部均含女星介, 与英国南部的中、下普尔贝克群及德国北部 Serpulite 层和 Katzberg 层的介形类化石可相对比 (Anderson, 1971, 1973, 1985; Colin et al, 1985; Horne, 1995), 其中 F 层下部为海相化石, F 层上部的几个种的时代被确定

为中伏尔加期。上述介形类时代置于提塘晚期或者提塘晚期—贝利阿斯早期较为合理 (曹美珍, 1999)。

义县大凌河北大康堡层中的介形类可新建 *Cyp ridea* (*Cyp ridea*) *rostella*—*T in iriasevia fenestrata* 组合, 该组合曾归入九佛堂组底部的 *Cyp ridea* (*Cyp ridea*) *veridica veridica*—*C. (C.) trisp inosa*—*C. (Yum enia) acutiuscula* 组合中 (张立君, 1985), 时代可定为早白垩世早期。

庞其清 (2002) 将冀北大店子组的介形类划分了 2 个组合带。在“冀北—辽西陆相中生代地层划分暨义县阶野外现场研讨会” (2004 年) 上, 庞其清 划分了 3 个组合带, 同时基于普尔贝克群全部划归早白垩世的一派意见, 将第 1~2 组合带归如贝利阿斯, 第 3 组合带归入凡兰吟期 (Valanginian)。综上所述, 义县期介形类时代不晚于贝利阿斯期。

1 2 2 孢粉植物群时代为贝利阿斯, 不排除提塘期的可能性

义县阶孢粉植物群主要产于尖山沟层 (王五力, 2004), 由 28 属 31 种组成。其组合特征是: 松柏类双囊粉占绝对优势 (83% ~ 94%); 蕨类孢子较少 (6 ~ 14%); 苔藓类孢子和银杏苏铁粉各见 1 粒; 被子植物花粉偶见。松柏类双囊粉中, 以气囊与本体分化不完善者 (古型) 占优势, 包括 *P rotoconif erus* (17%), *P rotop inus* (11%), *P seudop icea* (12%), *P iceites* (4%)。气囊与本体分化完善的新型花粉占 7%, 包括 *P inuspollenites* (17%), *P icep aepollenites* (6%), *Podocarp idites* (2%), *Ced rip ites* (2%)。蕨类孢子含量较低 (平均占 9%), 种类比较单调, 仅 10 属 12 种。其中海金沙科普遍存在, *Cicatricosisporites* (5%), 其次为 *Deltoidospora* (1%), *Osm undacidites w elm anii* (1%), 其他零星出现的有 *Tod isporites*, *Lycop odium sporites*, *K luk isporites pseudoretriculad us*, *Lygod ium sporites* cf. *subsinplex*, *Concavissim isporites*, *L eptolep idites* 等。反映干旱气候的掌鳞杉科的 *Classopollis* 花粉含量为 3%; 其他的裸子植物花粉还有 *Perinopollenites* (9%), *Psophosphaera* (4%) 及少量的 *Jugella*, *Ephedripites* (似麻黄粉), *Jiaohopollia* 等。

这个孢粉组合同前人资料大同小异 (黎文本等,

庞其清 2004 冀北滦平盆地大北沟—大店子组的介形类及侏罗系—白垩系界线 冀北—辽西陆相中生代地层划分暨义县阶野外现场研讨会

1999; 王宪曾等, 2000)。组合面貌大体相当于余静贤(1989)所建的义县组下部的 *Cicatricosisporites*—*Densoiporites*—*Jugella* 组合, 与 Norris (1969) 所确立的英国普尔贝克B 组合和C 组合下部(蒲荣干等, 1985)或B 组合(黎文本等, 1999)大致相当, 即大致相当英国南部下普尔贝克中部至辛德层之底的孢粉组合。时代被定为贝利阿斯期, 但不排除提塘期的可能性。这个时代意见代表了国内大多数孢粉研究者的意见。但王宪曾等(2000)除了根据孢粉组合资料以外, 还参考了许多其他化石门类的时代意见, 将时代定为晚侏罗世最晚期。

1.3 义县阶植物群时代为晚侏罗世, 不能晚于晚侏罗世晚期

义县阶植物群亦主要产于尖山沟层(王五力, 2004), 以长穗短叶——土耳其斯坦耳羽叶 (*B. rachyphyllum* *logispicum*—*O. tozamites turkestanica*) 组合为代表, 共有72 属逾140 种, 其中有已知属种为35 种, 约占整个植物群总数的25%。在35 种植物中, 目前已知仅见于侏罗纪的成分有 *Coniopteris angustiloba*, *C. simplex*, *Eboracia lobifolia*, *Cladophlebis asiatica*, *Xiajiajienia mirabila*, *O. tozamites anglica*, *O. beani*, *O. turkestanica*, *Phoenicopsis angustissima*, *Solenites murrayana*, *Pityolepis larixiformis*, *Cyparissidium blackii*, *C. rudlandium*, *Scarbugia billii*, *Problematospemum avale* 等, 约占已知种的43%, 其中与著名的英国约克郡中侏罗世植物群共有的属种有10 属11 种。侏罗纪常见, 但可上延至早白垩世的成分有 *Coniopteris burejensis*, *Dictyophyllum* sp., *Onychiopsis elongate*, *Ginkgo digitata*, *Ginkgoites ex gr. sibiricus*, *Baiera manchurica*, *Czekanowskia rigida*, *C. setacea*, *Pityospemum nanseni*, *Podozamites lanceolatus* 等, 约占已知种类29%。仅见于早白垩世的成分为 *N. eozamites verchojanensis* 等, 约占6% 左右。

该植物群中有许多晚侏罗世欧洲—中国区特有的本内苏铁类和松柏类, 表明义县期植物群应属欧洲—中国古植物地理区, 在该区内与日本晚侏罗世内带手取型和外带的领石型植物群的属一级的组成基本相同, 仅有个别属、种成分略有差异; 与哈萨克斯坦卡拉套植物群共有的有4 属种, 相近可比较的属种有11 属11 种以上; 与蒙古查干查布组植物群共有属种有6 个, 相似或比较属有9 个; 同时德国提塘早期索伦霍芬植物群和基末里期(Kimmeridgian) 努斯普林格海相沉积中的 *Sphenopteris*, *Ginkgo*, *B. rachyphyllum*, *Pagiodaphnium*, *Palaeocyparis*,

A. throtaxites, *Podozamites* 与义县期植物群中部分可以比较; 苏格兰布罗拉植物群由海相化石证明为基末里期, 而义县期植物群与其比较尽管存在一定的差异, 但似也可相对应比较。目前尚未有已知的确定无疑的早白垩世植物群可以对比。根据这个组合中的晚侏罗世成分占有相当大的比例, 仅见于早白垩世的成分只占少数, 时代应为晚侏罗世, 不能晚于晚侏罗世晚期(孙革等, 2001; 郑少林等, 2003)。

义县阶木化石共有5 属5 种, 其中两个已知种 *Xenoxylon hopeiense* 及 *Circopoxylon sewardi*, 前者初见於河北涿鹿夏家沟中侏罗世髻髻山组, 后者为侏罗纪至早白垩世, 但在澳大利亚后者仅见于侏罗纪。总观其貌, 将义县期的木化石时代置于晚侏罗世最晚期较合适。

1.4 土城子阶叶肢介时代为巴通期晚期(Bathonian)—卡洛期(Callovian), 大北沟阶和义县阶叶肢介群的时代为基末里期—提塘期

英国大河口群是海陆交互相地层, 其中有叶肢介7 属12 种(Chen et al, 1991); 底部含菊石 *garantiana* 带(晚巴柔期(late Bajocian)), 顶部被产早卡洛期的 *macrocephalus* 带的 *Belennite* 砂岩段所覆盖, 时代下限定为巴柔期最晚期, 主体为巴通期。其中顶部 *Kilmaluag* 组的时代应为巴通晚期, 有可能延至早 Callovian。土城子期早期的 *Sinograpta xinopuensis* 的外形、大小、装饰与大河口群中 *Kilmaluag* 组下部的 *Fibresteria puncta* 十分相似, 土城子期的 *Pseudograpta* 叶肢介群可与大河口群中 *Kilmaluag* 组上部的 *Pseudograpta* spp., 特别是与 *Pseudograpta murchisoniae* 可以对比; 因此土城子阶的时代大致应相当英国大河口群上顶部 *Kilmaluag* 组的时代。王思恩(1998)认为大河口群底部 *Euestheria* 应归入中国北方的 *Qaidam estheria*, 而 *Euestheria*—*Neopolygrapta* 组合可与中国中侏罗世中部的 *Triglypta*—*Qaidam estheria* 组合对比, 共有分子为 *Qaidam estheria*, 包括 *Q. trotternishensis* 与 *Q. damigouensis*; 大河口群下部的 *Neopolygrapta*, *Dendrostracus*, *Skyestheria* 和 *Antronestheria* 与中国北方 *Triglypta* 相亲近或可对比; 大河口群上部的 *Pseudograpta* 组合可与中国北方的 *Pseudograpta*—*Mesolimnadia* 组合对比, 时代为巴通晚期—卡洛期。

同时大北沟阶中的 *Nestoria* 群, 在壳饰上与 *Pseudograpta* 有极相近的密切关系, 表明 *Nestoria* 群时代为晚侏罗世早中期(基末利期)。由此限定了

整个义县阶的东方叶肢介—叠饰叶肢介 *Eosestheria*—*Diestheria* 组合时代为晚侏罗世(提塘期),最晚不晚于晚侏罗世晚期(Chen, 2003)。

1.5 义县阶其余主要化石门类的时代显示为晚侏罗世,或晚侏罗世—早白垩世过渡期

义县阶的双壳类产于义县阶底部及尖山沟层相当层位(王五力, 2004),组合成员较单调,主要有从大北沟组延续来的 *Arguniella lingyuanensis*, *A. yanshanensis* 和新出现的 *Sphaerium jeholense*, *S. anderssoni* 等;由于它们的时限较长,时代意义不大;但沙海组的 *Nipponia cf. tetoriensis*, *Tetoria cf. yokoyamai*, *Merocorbicula tetoriensis* 等重要属种,可对比于日本手取群白垩亚群上部伊月组等层位以及有海相地层依据的川口层和山部层,时代为凡兰吟期,因此陈金华(1999)认为侏罗—白垩系界线大致位于义县组与九佛堂组之间,义县阶时代只能定为晚侏罗世。

义县阶鱼群亦主要见于义县阶底部及尖山沟层相当层位(王五力, 2004),主要成员有 *Lycoperon davidi*, *L. sinensis*, *Jinanichthys longicephalus*, *Sinamia* sp., *Peipiaosteus pani*, *P. fengningensis*, *Yanosteus longidorsalis*, *Protopsephurus liui* 等。刘宪亭等(1963)认为狼鳍鱼生存时代应为晚侏罗世;金帆等(1999)将该鱼群置于早白垩世。虽然狼鳍鱼群是热河生物群的代表分子,广布于中国、蒙古等东亚地区,但是一特有的地方性类群,时代意义不大,目前仅能归于晚侏罗世晚期—早白垩世早期。

1.6 义县阶不同类别生物的综合年代总结

综上所述,义县阶底部及尖山沟层的相当层位中,多数主要生物门类和类别的时代确定为晚侏罗世或提塘晚期,如孔子鸟类、中华龙鸟类、翼龙类、叶肢介、双壳类、昆虫和植物(包括木化石);部分主要生物门类和类别为早白垩世早期或贝里阿斯期,如哺乳类、鸟臀类恐龙;个别门类倾向于贝里阿斯期,如孢粉;少数主要生物门类确定为晚侏罗世—早白垩世过渡期或提塘晚期—贝里阿斯期,如介形类、鱼类。考虑到上述生物群与德国索伦霍芬生物群、日本晚侏罗世手取(Tetori)型、领石(Ryoseki)型植物群可以比较与对比,以及与中侏罗世约克郡植物群、大河口叶肢介群的联系分析,义县阶底部及与尖山沟层相当的层位时代倾向于提塘晚期;大康堡层(包括义县大凌河北的大康堡层)的主要生物门类中,除叶肢介时代为提塘晚期外,介形类、恐龙类分别为贝里阿斯期和早白垩世,昆虫有可能为贝里阿斯期,因此

大康堡层时代可倾向于贝里阿斯期;同时参考义县阶生物群与英国普尔贝克生物群的对比,义县阶综合时代可确定为提塘晚期至贝里阿斯期。

义县阶综合生物时代分析,表明为晚侏罗世—早白垩世过渡期。说明用海相化石和海相沉积所确定的国际通用的阶和期与陆相生物、沉积的阶和期并不等时。最主要的原因是海生生物与陆生生物的演化阶段,因环境各异,而不可能是等时或一致的;将陆相阶与海相阶对等对比是不科学的。因此,应在阶一级建立平行于海相年代标准,并且是独立的陆相年代标准体系。陆相阶可以跨越海相年代的纪(系)、世(统)、期(阶)各级单位。

2 侏罗系与白垩系界线倾向于在尖山沟层与大康堡层之间,同位素年龄为 124 Ma

2.1 英国普尔贝克(Purbeck)群(组或层)的侏罗系与白垩系界线未确定

广布于西北欧洲的波特兰(Portland)砂、灰岩,普尔贝克群(组或层)和威尔登(Walden)系(群),其底界被基末里阶所限定,普尔贝克群和威尔登系是陆相夹有一些海相的地层,其中普尔贝克群中下部可与义县组大致对比,除波特兰灰岩时代肯定为波特兰阶(相当提塘阶)外,普尔贝克群的时代大致限定在提塘晚期至贝里阿斯期或至凡兰吟早期。虽然有关普尔贝克群及其侏罗系与白垩系界线研究的文献是大量的,但因与北方区和特提斯区海相地层对比的困难而存在四种不同的意见:全部归属侏罗系,是波特兰阶中的上亚阶—普尔贝克亚阶(任纽, 1965);中普尔贝克群的底部辛德尔层之下归属侏罗系(介形类研究: Horne, 1995; Anderson, 1985; 孢粉研究: Norris, 1969);下普尔贝克群下部归属侏罗系(孢粉研究: Norris, 1985; 综合研究: Remane, 1991);全部归属白垩系(孢粉研究: Batten, 1996; 层序地层研究: Rutfell, 1995; 综合研究: Allen et al., 1991)。因此普尔贝克群的侏罗系与白垩系界线仍未确定。

2.2 国际地层表推荐的侏罗系与白垩系界线年龄,不能作为可靠的依据标准

在长期争议后,侏罗系与白垩系界线于 1995 年曾由 ICS(国际地层委员会)作出决议,仍以特提斯区的贝里阿斯阶底界为标准,北方区的界线在上伏尔加阶底部,但两区的对比因生物地理区的不同而十分困难。下白垩统各阶底界的 GSSP 受到生物地

理区的困扰而被耽搁,确定白垩系底界(贝利阿斯阶之底)已被证明是最困难的,长期以来得不出结论(戎嘉余, 2003)。在此情况下,侏罗系与白垩系界线及其临近阶的底界,长期不能精确测定同位素年龄,同时因海相地层实测年龄的困难,普遍缺乏实测的数据(陈丕基, 2004),因此国际地层表推荐的 144 Ma、145 Ma、135 Ma 等侏罗系与白垩系界线年龄,是采用内插等方法推断出来的,不能作为可靠的依据标准。这种情况估计相当一段时期内得不到解决。

2.3 侏罗系与白垩系界线年龄应据义县阶标准地层剖面实测同位素年代确定

根据前两点所述,国际上侏罗系与白垩系界线的 GSSP 和同位素年龄的确定很困难,而义县阶生物群综合时代限定为提塘晚期—贝利阿斯期。因此应据中国义县阶标准地层剖面的综合生物年代及实测同位素年代确定侏罗系与白垩系界线。

义县阶实测同位素年龄数据很多,相差很大,不一一列举,但新的研究成果,在仪器与方法上有很大的提高,采样准确且比较可靠的年龄有:四合屯新开岭陆家屯层之上义县阶底部安山岩 Ar-Ar 年龄为 $133\text{ Ma} \pm$ (陈文, 2004),相同层位朱日祥等(2002)测得 K-Ar 年龄为 $133.59 \pm 2.56 \sim 133.12 \pm 2.56\text{ Ma}$,说明义县阶底部年龄在 $133\text{ Ma} \pm$;四合屯尖山沟层凝灰岩测得锆石 U-Pb 年龄为 $125.2 \pm 0.9\text{ Ma}$ (王松山, 2001)和 $125.2 \pm 2.2\text{ Ma}$ (陈文, 2004),说明尖山沟层年龄为 $125\text{ Ma} \pm$;义县金刚山村西的金刚山层底部安山岩 Ar-Ar 年龄为 122.5 Ma (陈文, 2004),在枣茨山北山侵入黄花山角砾岩层的英安斑岩 Ar-Ar 年龄为 $122.09 \pm 0.29\text{ Ma}$ (沈阳地矿所送样,陈文测定,未发表),说明义县阶顶部年龄为 $122\text{ Ma} \pm$;义县阶年龄限定为 $133 \sim 122\text{ Ma}$ 。其侏罗系与白垩系界线年龄应据义县阶单位层型、辅助单位层型和界线层型实测同位素年代限定为 $133 \sim 122\text{ Ma}$ 之间,界线倾向于义县阶下部尖山沟层与上部大康堡层之间;同位素年龄以 124 Ma 为界线年龄,符合目前综合生物年代,是较优选的方案。

参 考 文 献

- 曹美珍 1999 辽宁西部四合屯地区义县组下部介形类 见:陈丕基,金帆,主编 热河生物群 (Palaeoworld 11). 合肥:中国科学技术大学出版社, 131~149.
- 陈金华 1999 热河生物群的双壳类组合研究 见:陈丕基,金帆,主编 热河生物群 (Palaeoworld 11). 合肥:中国科学技术大学出版社, 92~113.
- 陈丕基,王启飞,张海春,曹美珍,黎文本,吴舜卿,沈炎彬 2004 论义县组尖山沟层 中国科学(D 辑), 34(10): 883~895.

- 陈文 2004 同位素地质年代学 见:季强,陈文,王五力,等主编 中国辽西中生代热河生物群 北京:地质出版社, 95~157.
- 地质矿产部天津地质矿产研究所 1984 华北地区古生物图册 (二). 北京:地质出版社, 20.
- 洪友崇 1998 中国北方昆虫群的建立与演化序列 地质学报, 72(1): 1~10.
- 洪友崇 2003 古昆虫学的发展、存在问题与展望 地质通报, 22(2): 71~86.
- 侯连海,周忠和,顾玉才,孙玉铁 1995 辽宁中生代鸟类综述 古脊椎动物学报, 33(4): 261~271.
- 侯连海,周忠和,张福成,顾玉才 2002 中国辽西中生代鸟类 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1~4.
- 胡耀明,王元青,李传夔,罗哲西 1998 张和兽 (*Zhangheotherium*) 的齿列和前肢形态 古脊椎动物学报, 36(2): 102~125.
- 胡耀明,王元青 2002 中国俊兽 (*Sinobaatar* gen. nov.): 热河生物群中一多瘤齿兽类 科学通报, 47(5): 382~386.
- 季强,姬书安 1996 中华龙鸟 (*Sinosauropteryx*) 化石研究新进展 中国地质, 233: 30~32.
- 季强,姬书安 1997b 原始组鸟 (*Protarchaeopteryx* gen. nov.) 中国的始祖鸟类化石 中国地质, 238(3): 38~42.
- 姬书安,季强 1997 辽宁西部翼龙类化石的首次发现 地质学报, 71(1): 1~6.
- 姬书安 1999 中国翼龙化石综述 见:王元青,邓淘,主编 第七届中国古脊椎动物学学术年会论文集 北京:海洋出版社, 81~88.
- 金帆 1999 冀北辽西中生代中晚期鲟形鱼类化石 见:陈丕基,金帆,主编 热河生物群 (Palaeoworld 11). 合肥:中国科学技术大学出版社, 188~280.
- 吉林省地质矿产局 1992 吉林省古生物图册 长春:吉林科学技术出版社, 1~467.
- 李佩贤,程政武,庞其清 2001 辽西北票孔子鸟 *Confuciusornis* 的层位及年代 地质学报, 75(1): 1~13.
- 黎文本,刘兆生 1999 辽宁北票义县组底部的孢粉组合及其时代 见:陈丕基,金帆,主编 热河生物群 Palaeoworld, 11. 合肥:中国科技大学出版社: 68~75.
- 刘金远,任东,高春玲,等 2004 辽宁西部九佛堂组蜉蝣化石的新发现及其地质意义 世界地质, 23(3): 209~212, 219.
- 刘宪亭,苏德造,黄为龙,张国瑞 1963 华北的狼鳍鱼 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,甲种专刊第六号, 1~53.
- 庞其清,李佩贤,田树刚,柳永清 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 地质通报, 21(6): 329~336.
- 蒲荣干,吴洪章 1985 辽宁西部中生代孢粉组合及其地层意义 见:张立君,蒲荣干,吴洪章,主编 辽宁西部中生代地层古生物 (二). 北京:地质出版社, 121~212.
- 任东 1994 辽宁北票晚侏罗世里阿斯箭蜓一新属 (昆虫纲,蜻蜓目). 现代地质, 8(2): 354~358.
- 任东,卢立伍,郭子光,姬书安 1995 北京与邻区侏罗—白垩纪动物群及其地层 北京:地质出版社, 1~222.
- 任东 2002 中国中生代昆虫化石研究新进展及意义 昆虫学报, 45(2): 234~240.
- 任纽 1965 地层地质学 南京大学地质系古生物地史教研室译 北京:中国工业出版社, 238~337.
- 戎嘉余 2003 新的挑战新的使命——附记国际地层委员会 2002 年 6 月全会 地层学杂志, 27(1): 1~10.
- 孙革,郑少林,迪尔切 D,王永栋,梅盛吴 2001 辽西早期被子植物及伴生植物群 上海科技教育出版社, 1~227.

- 王思恩 1998 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 地质学报, 72(1): 11~ 21.
- 王宪曾, 任东, 王宇飞 2000 辽宁西部义县组被子植物花粉的首次发现 地质学报, 74(3): 265~ 272
- 王松山, 王元青, 胡华光, 李惠民 2001 辽西四合屯脊椎动物生存时代: 锆石U-Pb 年龄证据 科学通报, 46(4): 330~ 333
- 王五力, 张宏, 张立君, 郑少林, 杨芳林, 李之彤, 郑月娟 2003 辽宁义县—北票地区义县组地层层序——义县阶标准地层剖面建立和研究之一 地层学杂志, 27(3): 227~ 232
- 王五力, 张立君, 郑少林, 郑月娟, 张宏, 李之彤, 杨芳林 2004 义县北票地区义县阶标准地层剖面及其生物地层学新研究——义县阶标准地层剖面建立和研究之二 地质学报, 78(4): 433~ 447.
- 汪筱林, 徐星 2001a 辽西义县组禽龙类新属种: 杨氏锦州龙 科学通报, 46(5): 419~ 423
- 汪筱林, 吕君昌 2001b 辽宁西部义县组翼手龙科化石的发现 科学通报, 46(3): 230~ 235
- 汪筱林, 周忠和, 张福成, 徐星 2002a 热河生物群发现带“毛”的翼龙化石 科学通报, 47(1): 57~ 63
- 汪筱林, 周忠和 2002b 辽西早白垩世九佛堂组—翼手龙类化石及其地层意义 科学通报, 47(20): 1521~ 1527.
- 汪筱林, 周忠和 2003 辽西早白垩世九佛堂组两种新的翼手龙类化石 古脊椎动物学报, 41(1): 34~ 41.
- 徐星, 汪筱林 1998 辽西义县组鹦鹉嘴龙(鸟臀目, 角龙目)新材料及其地层学意义 古脊椎动物学报, 36(2): 147~ 158
- 徐星, 汪筱林, 尤海鲁 2000 辽宁早白垩世义县组—原始鸟脚类恐龙 古脊椎动物学报, 38(4): 318~ 325
- 余静贤 1989 冀北辽西早白垩世孢粉组合序列 见: 中国地质科学院地质研究所地层组, 著 中国东部侏罗—白垩纪古生物及地层 北京: 地质出版社, 21~ 51.
- 郑少林, 郑月娟, 邢德和 2003 辽西晚侏罗世义县期植物群性质、时代及气候 地层学杂志, 27(3): 233~ 241.
- 张俊峰 1999 衍蜚类昆虫化石的再研究 见: 陈丕基, 金帆, 主编 热河生物群 (Palaeoworld 11). 合肥: 中国科学技术大学出版社, 150~ 174
- 张立东, 郭胜哲, 张长捷, 等 2001 辽宁省四合屯上园地区珍稀化石沉积层的产出特征及其形成环境 中国地质, 28(6): 10~ 20
- 张立君 1985 辽宁西部中生代非海相介形类动物群 见: 张立君, 蒲荣干, 吴洪章, 主编 辽宁西部中生代地层古生物(二). 北京: 地质出版社, 1~ 120
- 朱日祥, 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 科学通报, 47(7): 1335~ 1340
- of England. Journal of Micropalaeontology, 4(2): 1~ 67.
- Batten D J. 1996 Upper Jurassic and Cretaceous microspores. In: Jansonius J, et al, eds Palynology: Principles and Applications. American Association of Stratigraphic Palynologists AASP Foundation, 2. Salt Lake City Publishers Press, 807~ 830
- Cao Meizhen 1999 Nonmarine ostracods of the lower part of the Yixian Formation in Sihetun area, western Liaoning, China. In: Chen Peiji, Jin Fan, eds Jehol Biota. Palaeoworld 11. Press of University of Science and Technology of China, 131~ 149 (in Chinese with English abstract).
- Chen Jinhua 1999 A study nonmarine bivalve assemblage succession from the Jehol Group (U. Jurassic and L. Cretaceous). In: Chen Peiji, Jin Fan, eds Jehol Biota. Palaeoworld 11. Press of University of Science and Technology of China, 92~ 113 (in Chinese with English abstract).
- Chen Peiji, Dong Z M, Zhen S N. 1998 An exceptionally well-preserved theropod dinosaur from the Yixian Formation of China. Nature, 391: 147~ 152
- Chen Peiji, Hudson J D. 1991 The Conchostracan fauna of the Great Estuarine Group, Middle Jurassic, Scotland. Palaeontology, 34: 515~ 545.
- Chen Peiji 2003 Jurassic biostratigraphy of China. In: Zhang Wentang, Chen Peiji, Palmer A R, eds Biostratigraphy of China. Beijing: Science Press, 423~ 467.
- Colin J P, Oertli H J. 1985 Purbeckien. In: Oertli H J, ed Atlas des ostracodes de France. Bull. Centre Rech. Expl. Prod. Elf-Aquit, 9: 147~ 161.
- Hong Youchong 1998 Establishment and evolutionary succession of Entomofaunas in the North of China. Acta Geologica Sinica, 72(1): 1~ 10 (in Chinese with English abstract).
- Hong Youchong 2003 The development, existing problems and prospect on the palaeoentomology. Geological Bulletin of China, 22(2): 71~ 86 (in Chinese with English abstract).
- Horne D J. 1995 A revised ostracod biostratigraphy for the Purbeck—Wealden of England. Cretaceous Research, 16: 639~ 663
- Hou Lianhai, Zhou Zhonhe, Martin L D, et al 1995 A beaked bird from the Jurassic of China. Nature, 377: 616~ 618
- Hou Lianhai, Zhou Zhonhe, Gu Yucai, Sun Yutie 1995 Introduction to Mesozoic birds from Liaoning, China. Vertebrata Palasiatica, 33(4): 261~ 271 (in Chinese with English abstract).
- Hou Lianhai, Zhou Zhonhe, Zhang Fucheng, Gu Yucai 2002 Mesozoic birds from western Liaoning in China. Liaoning Science and Technology Publishing House, 1~ 4 (in Chinese with English abstract).
- Hu Yaoming, Wang Yuanqing, Li Chuankui, Luo Zhexi 1998 Morphology of dentition and forelimb of *Zhanghetherium*. Vert. Palasiatica 36(2): 102~ 125 (in Chinese with English).
- Hu Yaoming, Wang Y Q, Luo Z X, et al 1997 A new symmetrodont mammal from China and its implications for mammalian evolution. Nature, 390: 137~ 142
- Ji Shu'an, Ji Qiang 1997 Discovery of a new Pterosaur from western Liaoning, China. Acta Geologica Sinica, 71(1): 1~ 6 (in Chinese with English abstract).
- Ji Shu'an 1999 Brief review on the Pterosaurs of China. In: Wang Yuanqing, Den Tao, ed. Proceeding of the Seventh Annual Meeting of the Chinese Society of Vertebrate Paleontology.

References

- Allen P, Wimbledon W A. 1991 Correlation of NW European Purbeck—Wealden (nonmarine Lower Cretaceous) as seen from English type-areas. Cretaceous Research, 12: 511~ 526
- Anderson F W, Bazley R A B. 1971 The Purbeck beds of the Weald (England). Bulletin of the Geological Survey of Great Britain, 34: 1~ 173
- Anderson F W. 1973 The Jurassic—Cretaceous transition: the non-marine ostracod faunas. In: Casey R, Rawson P F, eds The Boreal Lower Cretaceous. Geological Journal, Special Issue, 5: 101~ 110
- Anderson F W. 1985 Ostracod faunas in the Purbeck and Wealden

- Beijing: China Ocean Press, 81~ 88 (in Chinese with English abstract).
- Jin Fan 1999 Middle and Late Mesozoic acipenseriforms from northern Hebei and western Liaoning, China. In: Chen Peiji, Jin Fan, eds *Jehol Biota Palaeoworld 11*. Press of University of Science and Technology of China 188~ 280 (in Chinese with English abstract).
- Li Peixian, Cheng Zhengwu, Pang Qiqing 2001 The horizon and age of the *Confuciusornis* in Beipiao, Western Liaoning. *Acta Geologica Sinica*, 75 (1): 1~ 13 (in Chinese with English abstract).
- Li Wenben, Liu Zhaosheng 1999 Sporomorph assemblage from the basal Yixian Formation in western Liaoning and its geological age. In: Chen Peiji, Jin Fan, eds *Jehol Biota Palaeoworld 11*. Press of University of Science and Technology, China, 68~ 75 (in Chinese with English abstract).
- Liu Hsienting, Su Tetsao, Huang Weilung, Chang Kuojui 1963 Lycoperid fishes from North China. Institute of Vertebrate Palaeontology and Paleoanthropology, Academia Sinica Memoir No. 6, 1~ 53 (in Chinese with English abstract).
- Liu Jinyuan, Ren Dong, Gao Chunling, et al 2004 Discovery of hemeriscopid dragonfly from Jiufotang Formation in western Liaoning and its geological implications. *Global Geology*, 23 (3): 209~ 212, 219 (in Chinese with English abstract).
- Norris G 1969 Miospores from the Purbeck beds and marine Upper Jurassic of southern England. *Palaeontology*, 12: 575~ 620.
- Norris G 1985 Palynology and British Purbeck facies. *Geological Magazine*, 122(2): 187~ 190.
- Pang Qiqing, Li Peixian, Tian Shugang, Liu Yongqing 2002 Discovery of ostracods in the Dabeigou and Dadianzi Formations at Zhangjiagou, Luanping County, northern Hebei Province of China and new progress in the biostratigraphic boundary study. *Geological Bulletin of China*, 21(6): 329~ 336 (in Chinese with English abstract).
- Pu Ronggan, Wu Hongzhang 1985 Mesozoic spore-pollen assemblages in western Liaoning and their stratigraphic significance. In: Zhang Lijun, Pu Ronggan, Wu Hongzhang, eds *Mesozoic stratigraphy and palaeontology of western Liaoning*(2). Beijing: Geological Publishing House, 121~ 212 (in Chinese with English abstract).
- Remane J 1991 The Jurassic—Cretaceous boundary: problem of definition and procedure. *Cretaceous Research*, 12: 447~ 453.
- Ren Dong 1994 A new genera and species of Liassogomphidae (Insecta, Odonata) from Late Jurassic of Liaoning Province, China. *Geoscience*, 8(3): 254~ 258 (in Chinese with English abstract).
- Ren Dong, Lu Liwu, Guo Ziguang, Ji Shu'an 1995 Fauna and stratigraphy of Jurassic—Cretaceous in Beijing and the adjacent areas. Beijing: Seism Press, 1~ 222 (in Chinese with English summary).
- Ren Dong 1996 On the new fossil genera and species of Neuroptera from Late Jurassic of Northeast China. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 21(4): 461~ 480.
- Ren Dong 1998 Late Jurassic Brachycera from Northeast China (Insecta: Diptera). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 23(1): 65~ 80.
- Ren Dong 2002 Progress in the study of Mesozoic fossil insects during the last decade in China. *Acta Entomologica Sinica*, 45 (2): 234~ 240 (in Chinese with English abstract).
- Ren Dong, Liu Jinyuan, Cheng Xiaodong 2003 A new hemeriscopid dragonfly from the Lower Cretaceous of Northeast China (Odonata: Hemeriscopidae). *Acta Entomologica Sinica*, 46(5): 622~ 628.
- Rong Jiayu 2003 New challenge and new mission for the ICS. *Journal of Stratigraphy*, 27(1): 1~ 10 (in Chinese with English abstract).
- Rutell A H 1995 Seismic stratigraphic analysis of non-marine Lower Cretaceous strata in the Wessex and North Celtic sea Basin. *Cretaceous Research*, 16: 603~ 637.
- Sun Ge, Zheng Shaolin, Dilcher D L, Wang Yongdong, Mei Shengwu 2001 Early angiosperms and their associated plants from western Liaoning, China. Shanghai Scientific and Technological Education Publishing House, 1~ 227 (in Chinese with English summary).
- Szejn J 1991 Ostracods from the Purbeckian of central Poland. *Acta Palaeontologica Polonica*, 36: 115~ 142.
- Wang Si'en 1998 Correlation of the continental Jurassic in the north of China to the paralic Jurassic in Northwest Scotland, United Kingdom. *Acta Geologica Sinica*, 72(1): 11~ 21 (in Chinese with English abstract).
- Wang Wuli, Zhang Hong, Zhang Lijun, Zheng Shaolin, Yang Fanglin, Li Zhitong, Zheng Yuejuan 2003 Stratigraphic sequence of the Yixian Formation of Yixian—Beipiao region, Liaoning—A study and establishment of stratotype of the Yixian Stage. *Journal of Stratigraphy*, 27(3): 227~ 232 (in Chinese with English abstract).
- Wang Wuli, Zhang Lijun, Zheng Shaolin, Zheng Yuejuan, Zhang Hong, Li Zhitong, Yang Fanglin 2004 A new study on the stratotype and biostratigraphy of the Yixian Stage in Yixian—Beipiao region, Liaoning—Establishment and study of stratotype of the Yixian Stage. *Acta Geologica Sinica*, 78(4): 433~ 447 (in Chinese with English abstract).
- Wang Xiaolin, Lü Junchang 2001 Discovery of a pterodactylid pterosaur from the Yixian Formation of western Liaoning, China. *Chinese Science Bulletin*, 46(13): 1112~ 1117.
- Wang Xiaolin, Zhou Zhonghe 2003 Two new pterodactylid pterosaurs from the Early Cretaceous Jiufotang Formation of western Liaoning, China. *Vertebrata Palasiatica*, 41(1): 34~ 41 (in English with Chinese abstract).
- Wang Xianzeng, Ren Dong, Wang Yufei 2000 First discovery of angiospermous pollen from Yixian Formation in western Liaoning. *Acta Geologica Sinica*, 74(3): 265~ 272.
- Xu Xing, Wang Xiaolin 1998 New Psittacosaur (*Ornithischia*, *Ceratopsia*) occurrence from the Yixian Formation of Liaoning, China and its stratigraphical significance. *Vertebrata Palasiatica*, 36(2): 147~ 158 (in English with Chinese abstract).
- Xu Xing, Wang Xiaolin, You Hailu 2000 A primitive ornithomimid from the Yixian Formation of China. *Vert Palasiatica*, 38(4): 318~ 325 (in English with Chinese abstract).
- Yu Jingxian 1989 Early Cretaceous Spore-Pollen Assemblages in Northern Hebei and Western Liaoning Province. The Palaeontology and Stratigraphy of the Jurassic and Cretaceous in Eastern China. In: Tectonic—Magmatic Evolution and Metallogeny of Eastern China No. 2. Beijing: Geological Publishing House, 21~ 51 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Junfeng 1999 Restudies in Aeschniids (Odonata, Insecta). In: Chen Peiji, Jin Fan, eds *Jehol Biota Palaeoworld 11*. Press of University of Science and Technology of China, 150~ 174 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Lidong, Guo Shengzhe, Zhang Changjie et al 2001 The characteristics and forming environment of the precious fossil-bearing strata in Sihetun—Shangyuan areas, western Liaoning. *Chinese Geology*, 28(6): 10~ 20 (in Chinese with English abstract).

Zhang Lijun. 1985. Nonmarine ostracod faunas of Late Mesozoic in W. Liaoning. In: Zhang Lijun, Pu Ronggan, Wu Hongzhang, eds. Mesozoic stratigraphy and palaeontology of Western Liaoning. Beijing: Geological Publishing House, 1~120.

Zheng ShaoLin, Zheng Yuejuan, Xing Gehe. 2003. Characteristics, age and climate of Late Jurassic Yixianian flora western

Liaoning. Journal of Stratigraphy, 27 (3): 233~241 (in Chinese with English abstract).

Zhou Zhonghe, Barrett P M, Hilton J. 2003. An exceptionally preserved Lower Cretaceous ecosystem. Nature, 421: 807~814.

The Age of the Yixianian Stage and the Boundary of Jurassic—Cretaceous —The Establishment and Study of Stratotypes of the Yixianian Stage

WANG Wuli¹⁾, ZHANG Lijun¹⁾, ZHENG ShaoLin¹⁾, REN Dong²⁾, ZHENG Yuejuan¹⁾,
DENG Qihong¹⁾, ZHANG Hong¹⁾, LI Zhitong¹⁾, YANG Fanglin¹⁾

1) Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang, Liaoning, 110032

2) Department of Biology, Capital Normal University, Beijing, 100037

Abstract

The *Confuciusornis* avifauna, *Sinosauropteryx* fauna, pterosaurs, conchostracans, insects, bivalves and plants (including fossil woods) of the Yixianian Stage are ascribed to the late Late Jurassic or Late Tithonian; the mammalia, dinosaurs of ornithischia and sporopollens to the early Early Cretaceous or the Berriasian Stage; and the ostracods and fishes to the transition from Late Jurassic to Early Cretaceous or the Late Tithonian—Berriasian. Considering that the Yixianian biota may be compared or correlated with the Solnhofen biota of Germany, the Purbeck biota in England, Late Jurassic Terrestrial and Ryoseki-type floras in Japan and that they are also related to the Middle Jurassic Yorkshire flora and the Great Estuarine conchostracans fauna, the synthetic age of the Yixianian Stage may be determined as Late Tithonian to Berriasian, and the ages of the Jianshangou Bed and the Dakangbu Bed tend to be the Late Tithonian and the Berriasian, respectively. Because the Jurassic—Cretaceous boundary of the Purbeck Group (Formation or Bed) that may be roughly correlated with the Yixianian Formation is not yet affirmed, and as there lack measured data, the 144 Ma, 145 Ma or 135 Ma data for the Jurassic—Cretaceous boundary ages recommended by the International Stratigraphical time table cannot be used as a reliable criterion. Therefore, the establishment of the Jurassic—Cretaceous boundary should be based on the synthetic biological age and measured isotope age of the Yixianian stratotypes in China. Accordingly, the boundary age is preferred to set between the Jianshangou Bed of the lower Yixianian Stage and the Dakangbu Bed of the upper Yixianian Stage, and the isotope age of 124 Ma is preferably chosen because it conforms the synthetic biological age at present.

Key words: Yixianian Stage; boundary of Jurassic—Cretaceous; Tithonian; Berriasian; Western Liaoning

新书介绍

赵一鸣, 吴良士, 等著. 2004. 中国主要金属成矿规律. 北京: 地质出版社. 16开, 精装, 411页. 联系人: 100037, 中国地质科学院矿产资源研究所赵一鸣. 本书是在编制: 1500万中国主要金属矿产图的基础上, 对中国铁、铜、铅—锌、钨、锡、汞、铋、金、银和稀有、稀土元素等12个矿种的矿床成矿规律进行总结研究的成果, 内容包括: 各矿种的资源概况

和形势分析、成矿的区域地质背景、矿床成因类型及其主要地质特征、成矿控制因素、矿床时空分布、成矿区(带)的划分和重要成矿区(带)的成矿规律以及部分矿种的矿床成矿系列或成矿模式等, 对各重要金属矿种的地质勘探工作、资源保证程度、找矿潜力和资源合理开发利用等方面也提出了相关建议. 及广大地质工作者参考.