



Pre-pub. on line: www.
geojournals.cn/georev

甘肃省重要古植物化石产地区划及保护利用

王军^{1,4)}, 李小强¹⁾, 张海峰¹⁾, 郭兵¹⁾, 任文秀¹⁾, 彭措²⁾, 冯备战¹⁾, 王玉玺³⁾, 胡振波⁴⁾

1) 甘肃省地质调查院, 兰州, 730000; 2) 甘肃地质博物馆, 兰州, 730000;
3) 甘肃省地矿局第三地质矿产勘查院, 兰州, 730000; 4) 兰州大学资源环境学院, 兰州, 730000

内容提要: 古植物化石是地质历史时期各类植物实体或遗迹的残留。对古植物化石产地进行系统的调查和区划研究是开展古生物化石保护和利用工作的基础。在资料研究和实地调查的基础上, 对甘肃省 24 处重要古植物化石产地进行了评价和区划研究。甘肃省古植物化石产地可划分为北山地区、祁连山——河西走廊地区、鄂尔多斯和秦岭地区 4 个古生物化石大区以及 6 个古植物化石产地集中区。根据古植物化石产地的科学价值和美学价值, 具体从科学性、稀有性、完整性、保存程度、可保护性 5 个单因素分别对 24 处重要古植物化石产地进行了评价。在单因素评价基础上进行了综合鉴评, 共鉴评出世界级化石产地 1 处, 国家级化石产地 7 处, 省级化石产地 16 处。根据产地自然区划、行政区划等要素划分了古植物化石产地集中保护区 6 个。根据保护区内古植物化石产地级别及重要程度, 划分出特级保护区 2 个, 重点保护区 2 个和一般保护区 2 个。提出对重要古植物化石产地实行化石标本保护加原产地保护的建议。

关键词: 古植物化石; 古生物; 化石产地; 保护利用; 自然区划

化石不仅是地球科学研究的主要对象, 而且在地质学的诞生和发展过程中发挥着巨大作用, 是地球科学研究最基本的资料(王训练等, 2020)。通过对化石的研究可以反演地球的发展和演化历史, 进而揭示生物起源及其演化过程和演化规律(孙柏年等, 2004; 邓胜徽等, 2008; 任文秀等, 2008; 张名震等, 2013; 魏信祥等, 2016; Yang Guolin et al., 2019; 王军等, 2020)。植物在地球生物历史中的地位十分高, 是改造地球环境的主要力量之一(周志炎, 2003, 2004; 王浩飞等, 2015; 辛存林等, 2017; 李琪佳等, 2017; 杨国林, 2018)。古植物化石是地质历史时期各类植物实体或遗迹的残留, 属地质遗迹的一类(谢树成等, 2018; 曹晓娟等, 2020; 王训练等, 2020)。研究表明, 地球上最早的维管植物登陆时间大约是在志留纪(Campany et al., 2019; Niklas and Crepet, 2020)。

对古生物化石产地进行系统的调查和区划研究是开展古生物化石保护和利用工作的基础。甘肃省各时代地层发育齐全, 最早的高等植物化石记录是从泥盆纪开始, 一直到新生代, 不同地区、不同时代

均有典型的古植物化石产地代表(梁建德等, 1980; 朱伟元, 1983; 徐福祥, 1986; 李祖望, 1987; 张泓和沈光隆, 1987; 罗桂昌, 1993; 邓胜徽和姚立军, 1995; 杜宝霞, 2013)。本文是在对甘肃省大量古植物化石资料研究和筛选的基础上, 实地调查了近 50 处古植物化石产地, 包括靖远磁窑、永昌大泉、玉门红柳峡、肃南大青沟、兰州窑街等重要化石产地, 通过对甘肃省重要古植物化石产地的评价和区划研究, 最后提出保护利用建议。

1 区域背景

1.1 自然地理

甘肃省地处黄土高原、内蒙古高原和青藏高原的交汇处, 分属长江、黄河和内陆河三大流域, 境内有山地、高原、河谷、丘陵、盆地、平原、沙漠、戈壁、沼泽、冰川等多种地形地貌, 境内著名山脉有阿尔金山、祁连山、六盘山、秦岭、阿尼玛卿山等。内陆河流域主要处于乌鞘岭以西地区, 又可分为苏干湖水系、疏勒河水系、黑河水系和石羊河水系。黄河流域主要水系包括洮河、湟水、渭河、泾河等, 长江流域主要

注: 本文为甘肃省古生物化石调查项目、甘肃省自然科学基金项目(编号: 20JR5RA039)和 2020 年陇原青年创新人才项目的成果。

收稿日期: 2020-08-12; 改回日期: 2021-02-01; 网络首发: 2021-03-20; 责任编辑: 刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2021.03.021

作者简介: 王军, 男, 1986 年生, 博士, 高级工程师, 主要从事区域地质调查及地质遗迹调查评价及保护; Email: wangjunlu@foxmail.com。

通讯作者: 任文秀, 男, 1981 年生, 博士, 高级工程师, 主要从事古植物地层研究; Email: ldwxren@163.com。

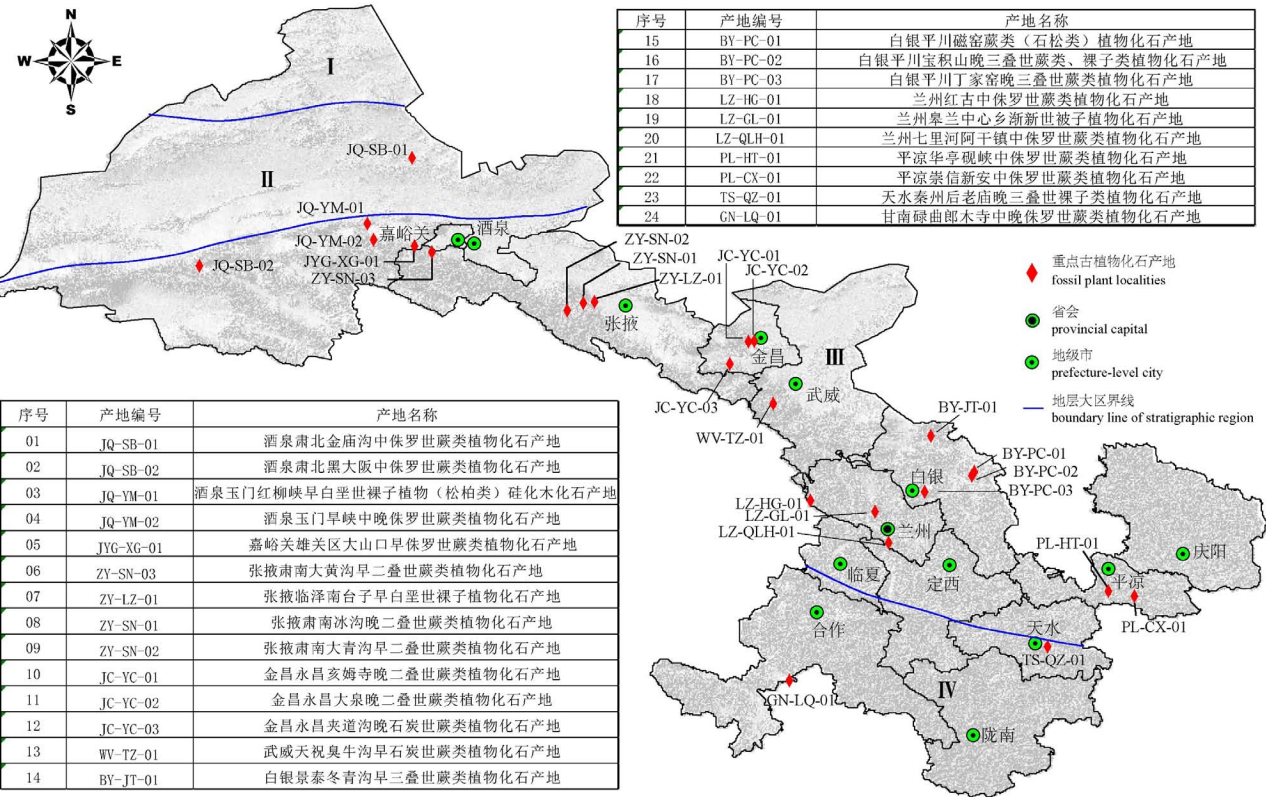


图 1 甘肃省重要古植物化石产地分布图

Fig. 1 Distribution map of significant fossil plant localities in Gansu Province

I—中国北方地层大区; II—塔里木地层大区; III—华北柴达木地层大区; IV—羌塘—扬子—华南地层大区
I—Stratigraphic region of Northern China; II—stratigraphic region of Tarim; III—stratigraphic region of North China;
IV—stratigraphic region of South China

河流包括白龙江、西汉水和岷江。

1.2 地层

甘肃省地层从 1 级区划上可分别归属于中国北方地层大区、塔里木地层大区、华北—柴达木地层大区 and 羌塘—扬子—华南地层大区 (甘肃省地质矿产局, 1997)。其中中国北方地层大区主要分布在甘肃省西北部, 进一步分为准噶尔—北天山地层区和北山地层区, 产植物化石的地层单元有绿条山组 (C_1lt)、扫子山组 (Csz)、公婆泉群 (S_2G)、哲斯组 ($P_{1-2}zh$)、红岩井组 (P_3h) 等。塔里木地层大区在甘肃省主要分布在敦煌一带, 含植物化石地层包括红柳园组 (C_1hl)、石板山组 (C_2sh)、双堡塘组 ($P_{1-2}sh$)、方山口组 (P_3f)、二断井组 ($T_{1-2}ed$)、珊瑚井组 (T_3sh)、芨芨沟组 (J_{1jj})、下沟组 (K_1x) 等。华北—柴达木地层大区在甘肃省占据面积最广, 下设的几个地层区产植物化石丰富的分别是祁连地层区、阿拉善地层区、华北地层区和北秦岭地层区。祁连地层区主要含古植物化石地层包括老君山组 ($D_{1-2}l$)、沙流水组 (S_3sh)、前黑山组 (C_1q)、臭牛沟

组 (C_1ch)、羊虎沟组 (C_2y)、大黄沟组 ($P_{1-2}d$)、红泉组 ($P_{2-3}hq$)、五佛寺组 (T_1w)、丁家窑组 (T_2d)、西大沟组 (T_3x)、南营儿组 (T_3n)、小大山口组 (J_1ds)、中间沟组 (J_2zh)、博罗组 (J_3b)、窑街组 (J_2y)、享堂组 (J_3x)、野狐城组 ($E_{2-3}y$)、火烧沟组 (E_2h)、白杨河组 (E_3b)。等。华北地层区在甘肃省内主要涉及鄂尔多斯地层分区, 含古植物化石地层包含了太原组 (C_2P_{1t})、山西组 ($P_{1-2}sx$)、石盒子组 ($P_{2-3}sh$)、孙家沟组 (P_3sj)、刘家沟组 (T_1lj)、崆峒山组 ($T_{2-3}k$)、富县组 (J_1f)、延安组 (J_2ya)、直罗组 (J_2z)、安定组 (J_2a) 和芬芳河组 (J_3ff) 等。羌塘—扬子—华南地层大区占据了甘肃省东南部地区, 产植物化石地层包括了安家岔组 (D_1a)、舒家坝群 (D_2sh)、大草滩组 (D_3dc)、郎木寺组 ($J_{2-3}lm$) 等。

2 产地及其化石概况

通过对全省古植物化石产地资料调研和实地调查, 共筛选出 24 处古植物化石产地, 化石产地分布如图 1 所示, 部分重要化石产地特征见表 1。

表 1 甘肃省重要古植物化石产地一览表				
Table 1 Situation of significant fossil plant localities in Gansu Province				
产地编号	产地名称	化石组合及赋存特征	重要化石属种名	科研价值及科普意义
JQ-YM-01	酒泉玉门红柳峡早白垩世硅化木化石产地	108 棵硅化木化石赋存于早白垩世下沟组浅灰色泥岩中,以松柏类硅化木及叶肢介为主。	<i>Piceoxylon yumeniense</i> Zhou, Peng, Deng, Zhang et Yang sp. nov.、 <i>Protophyllodadoxylon chijinense</i> Zhou, Peng, Deng, Zhang et Yang sp. nov.	硅化木化石块度大,保存好,树木年轮清晰,集中连片分布,观赏度高,科普意义重大。化石形成与早白垩世阿尔金断裂复活和该时期火山喷发有关。
JQ-YM-02	酒泉玉门早峡中晚侏罗世植物化石产地	化石赋存于中侏罗世中间沟组灰绿色碳质泥岩、板岩、灰绿色粉砂岩夹砂岩,化石包括真蕨类、银杏类、松柏类、苏铁类和楔叶类。	<i>Cladophlebis punctata</i> (Thomas) Chow et Yeh.、 <i>Equisetites</i> cf. <i>laterlis</i> (Phillips)、 <i>Ginkgoites sibiricus</i> (Heer) Seward、 <i>Todites williamsoni</i> (Brongniart) Seward、 <i>Czekanowskia</i> sp.、 <i>Sahnioxylon</i> Bose et Sah、 <i>Coniopteris burejensis</i> (Zalesky) Seward	化石形态保存完好,蕨类为主,有一定科普意义。
ZY-SN-02	张掖肃南大青沟石炭—二叠纪植物化石产地	化石赋存于石炭—二叠系黑色炭质页岩中,包含了真蕨类、银杏类、苏铁类和松柏类。	<i>Sphenopteris</i> sp.、 <i>Pecopteris cyathea</i> Schloth、 <i>Pecopteris plumosa</i> Artis; <i>Calamites</i> sp. 等	是研究祁连山地区石炭二叠纪植物群发展演化的重要剖面,具有较高的科研价值。
JC-YC-02	金昌永昌大泉晚二叠世植物化石产地	化石赋存于北祁连山地区的二叠纪红泉组以灰绿色为主夹紫红、灰白、灰黑等杂色砂岩和少量砾岩、页岩中,含安格拉和华夏型混生植物化石。	<i>Protoblechnum wongii</i> Halle、 <i>Alethopteris norinii</i> Halle、 <i>Sphenopteridium psedogermanicum</i> (Halle) Gu et Zhi、 <i>Protoblechnum imparium</i> Gu et Zhi、 <i>Cordaites</i> Unger、 <i>Pecopteris anderssonii</i> Halle、 <i>Pecopteris lativenosa</i> Halle <i>Lepidodendron triticea</i> Sun、 <i>Tingia hamaguchii</i> Konno、 <i>Lepidodendron oculus-felis</i> (Abbado) Zeilier、 <i>Pecopteris lativaenosa</i> Halle、 <i>Tingia carbonica</i> (schenk) Halle、 <i>Emplectopteridum alatum</i> Kawasaki、 <i>Callipteris changii</i> Sze、 <i>Odontopteris henanensis</i> Xi、 <i>Pecopteris longifolioides</i> Zhang、 <i>Cordaites yongchangensis</i> HF Wang et BN Sun、 <i>Cordaites baodeensis</i> Sun、 <i>Gigantonoclea taiyuanensis</i> (Asama) Gu et Zhi 等	是祁连山地区早二叠世红泉组命名地,化石产出丰富,形态保存完整,科研科普意义重大。
JC-YC-03	金昌永昌夹道沟晚石炭世植物化石产地	含化石层位从下至上为石炭系靖远组、羊虎沟组和太原组,岩性主要为砂页岩互层,化石组合以石松类、楔叶类、真蕨类、苏铁类、科达以及腕足类为主。	<i>Paripteris pseudogigantea</i> Pot. , <i>Paripteris acdiopterides</i> Bhlin. , <i>Linopteris lepida</i> Gu et Zhi. , <i>Linopteris</i> cf. <i>intricate</i> Gu et Zhi. , <i>Pecopteris asera</i> Brongn. 等	该植物群出现了纳谿尔早期地层中的常见分子和典型分子,对于研究北祁连地区纳谿尔早期植物群面貌具有重要意义。
WV-TZ-01	武威天祝臭牛沟早石炭世植物化石产地	化石赋存于早石炭世臭牛沟组中灰黑色粘土质页岩中,海陆交互相地层为主,以蕨类为主。	<i>henopteris?</i> sp.、 <i>Neuropteris</i> sp.、 <i>phyllotheca?</i> sp.、 <i>Cordaites principalis</i> Germ.、 <i>Sphenopteris?</i> sp. , <i>Neuopieris</i> sp. , <i>phyllotheca?</i> sp.、 <i>Cordaites pricipalis</i> Germ.、 <i>Stigmaria ficoides</i> Brongniart、 <i>Lepidodendron</i> sp.、 <i>Sphenophyllum</i> cf. <i>longifolium</i> (Germ. Et Kaulf.) 等	是北祁连地区早石炭世臭牛沟组的命名地区,对该地区早石炭世生物群面貌及生物发展演化具有重要意义,科研意义重大。
BY-PC-01	白银平川磁窑石松植物化石产地	化石产于晚石炭世羊虎沟组地层中,主要赋存于灰色粉砂岩和页岩中。以石松类和腕足类为主。	<i>Lepidodendron gansuense</i> Wu et al.、 <i>Lepidodendropsis songshuense</i> Huang、 <i>Lepidodendron losseni</i> Weiss、 <i>Lepidodendron szeianum</i> Lee、 <i>Lepidodendron shanyangense</i> Wu et He、 <i>Bothrodendron microscare</i> Li et al、 <i>Lepidodendropsis ninghsiaense</i> Sze et Lee、 <i>Lepidodendron volkmannianum</i> Sternberg、 <i>Lepidodendron dichotomun</i> Sternberg、 <i>Lepidodendron szeianum</i> Lee、 <i>Eleutherophyllum waaenburgense</i> (Stur) Zi mmermann、 <i>Lepidodendron worthenii</i> Lesquereus、 <i>Lepidodendron aolungpylukense</i> Sze 等	该植物群为一典型的华夏地区纳谿尔早期植物群,是我国石炭系中间界线层型剖面的候选地区之一,并且鳞木化石块度大,形态完整,科研科普意义重大。

产地编号	产地名称	化石组合及赋存特征	重要化石属种名	科研价值及科普意义
BY-PC-02	白银平川宝积山晚三叠世植物化石产地	化石产于中三叠世丁家窑组和晚三叠世南营儿组灰绿色砂岩中,以芦木、莲座蕨科,种子蕨和真蕨为主。	Genus <i>Thaumatopteris</i> (Goeppert) Nathorst、Genus <i>Cladophlebis</i> Brongniart、Genus <i>Ginkgo</i> Linne、Genus <i>Stenorachis</i> Saporta、Genus <i>Stach yotaxus</i> Nathorst、Genus <i>Pityophyllum</i> Nathorst、Genus <i>Storgaardia</i> Harris、Genus <i>Swedenborgia</i> Nathorst、Genus <i>Desmiophyllum</i> (Leeq.) sol. -Llaubach 等	该产地中晚三叠世地层连续,含化石丰富,保存较好,对研究北祁连地区中晚三叠世期间的生物群面貌及发展演化具有重要的科研价值。
LZ-HG-01	兰州红古窑街中侏罗世植物化石产地	化石赋存于中侏罗世窑街组灰黑色油页岩、页岩夹层中,以银杏类、真蕨类、松柏类和苏铁类为主。	<i>Gonatosorus shansiensis</i> (Sze) Wang、 <i>Pterophyllum subaequale</i> Hartz、 <i>Coniopteris simplex</i> Harris、 <i>Coniopteris spectabilis</i> Brick、 <i>Coniopteris lanzhouensis</i> Sun、 <i>Coniopteris spectabilis</i> Brick、 <i>Coniopteris margaretae</i> Harris、 <i>Coniopteris hymenophylloides</i> Brongniart、 <i>Ixostrobus lepidus</i> (Heer) Harris、 <i>Ginkgo digitata</i> (Brongniart) Heer、 <i>Ginkgoites obrutschewi</i> Seward、 <i>Phoenicopsis angustifolia</i> Heer、 <i>Brachyphyllum obesum</i> Heer、 <i>Elatocladus</i> sp. 等	是祁连山东段地区中侏罗世窑街组的命名地区,地层中化石产出丰富,是研究侏罗纪植物的理想地区之一,科研价值较大。
LZ-GL-01	兰州皋兰中心乡渐新世被子植物化石产地	化石产于早渐新世晚期韩家井组砂泥岩透镜体,含被子植物,双壳类。	<i>Populus davidiana</i> Dode	是甘肃省内唯一一处有新生代古植物化石报道的产地,对于研究我国西北地区尤其是甘肃省古近纪晚期的植物面貌及发展演化具有重要意义。
PL-HT-01	平凉华亭砚峡中侏罗世植物化石产地	化石赋存于早侏罗世富县组和中侏罗世延安组碳质泥岩及煤线中,以真蕨类、银杏类、松柏类、苏铁类和楔叶类为主。	<i>Neocalamites hoerensis</i> (Schimper) Halle、 <i>Coniopteris spectabilis</i> Brick、 <i>Coniopteris burejensis</i> (Zalesky) Seward、 <i>Phoenicopsis angustifolia</i> Heer、 <i>Coniopteris hymenophylloides</i> Brongniart、 <i>Coniopteris gansuensis</i> Cao et Zhang、 <i>Cladophlebis fangtzuensis</i> Sze、 <i>Equisetites lateralis</i> (Phillips) Morris、 <i>Neocalamites nathorsti</i> Erdtman、 <i>Phoenicopsis speciosa</i> Heer、 <i>Ginkgoites chilinensis</i> Lee、 <i>Coniopteris xipoensis</i> Yang、 <i>Coniopteris qinghaiensis</i> He、 <i>Ginkgo shiguaiensis</i> 、 <i>Czekanowskia</i> sp.、 <i>Podozamites angustifolius</i> (Eichwald) Heer 等	该产地植物化石丰富,形态保存完整,具有一定科普价值,同时对于研究鄂尔多斯盆地西缘中侏罗世时期的植物群面貌具有重要意义。

2.1 化石时代

从古植物化石产地含化石地层的时代来看,24处重要产地中晚古生代石炭纪3处,二叠纪产地5处,全部产出于河西走廊地区。中生代产地最多,共20处,其中三叠纪4处,侏罗纪产地9处,白垩纪产地2处,新生代植物化石产地1处。从行政区来看,酒泉和白银最多,两市均有4个化石产地,各占比例为16.7%,其他市州从多至少依次为张掖、金昌、兰州、嘉峪关、平凉、武威、天水 and 甘南。

2.2 化石种类

从化石种类来看(分类依据及化石名称主要参考Sun Keqin et al. , 2010),甘肃重要古植物化石产地植物化石以蕨类植物化石最多,其次为裸子植物,被子植物化石产地仅1处(孙柏年等,2004),为最少。从化石类别来看,蕨类植物主要以石松纲、楔叶纲和真蕨纲为主。裸子植物中见有种子蕨纲、科达纲、银杏纲、苏铁纲、松柏纲5纲,多数见于中生代地层;被子植物仅见有1纲1属,即双子叶植物纲,仅

兰州皋兰地区有化石发现。

石松纲植物以 *Lepidodendron* 鳞木属最常见、其次有 *Bothrodendron* 窝木属、*Stigmaria* 根座属、*Leptophloeum* 薄皮木属等,常见化石名单包括: *Lepidodendron ninghsiaense* Sze et Lee 宁夏鳞木、*Lepidodendron gansuense* Wu et al. 甘肃鳞木、*Lepidodendron szeianum* Lee 斯氏鳞木、*Lepidodendron losseni* Weiss 洛森鳞木、*Lepidodendropsis songshuense* Huang 松树鳞木、*Lepidodendron volkmannianum* Sternberg 坛鳞木、*Lepidodendron shanyangense* Wu et He 山阳鳞木、*Lepidodendron ciyaense* Wu, Wang et Zhang 磁窑鳞木、*Lepidodendron dichotomun* Sternberg 二分鳞木、*Lepidodendron aolungpylukense* Sze 欧龙布鲁克鳞木、*Lepidodendron aolungpylukense* Sze 蠕纹鳞木、*Lepidodendron triticea* Sun 麦粒拟鳞木、*Lepidodendron oculus-felis* (Abbado) Zeilier 猫眼鳞木、*Lepidodendron incertun* Sze et Lee 不定鳞木、*Lepidodendron nanopiaoense* (Lee) Gu et Zhi 南票鳞

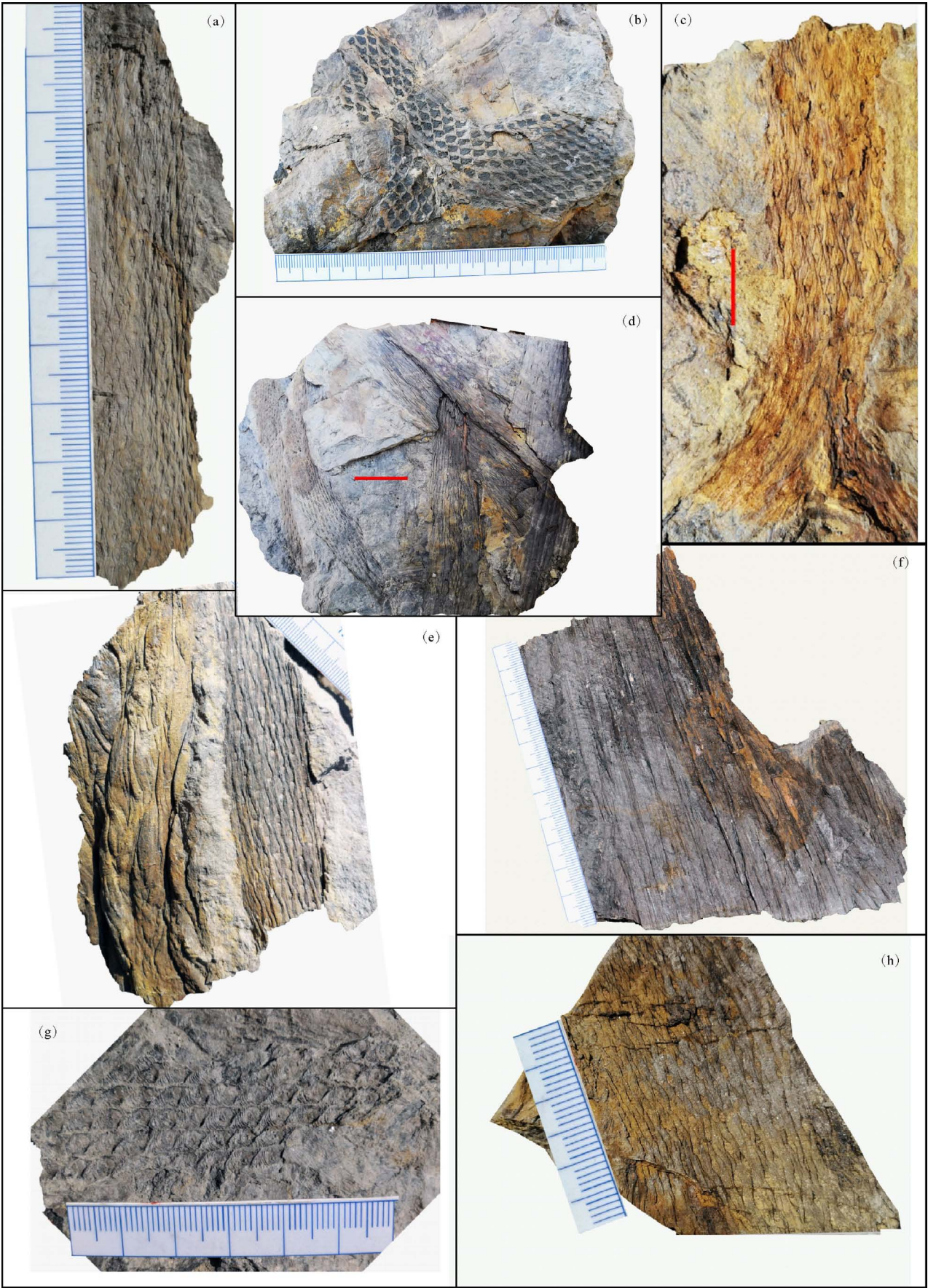


图 2 白银磁窑鳞木属化石照片(比例棒长度为 1 cm)

Fig. 2 Photos of *Lepidodendron* in Ciyao, Baiyin city (length of scale bar is 1cm)

(a) 山阳鳞木; (b) 二分鳞木; (c) 宁夏鳞木; (d) 斯氏鳞木; (e) 甘肃鳞木; (f) 瓦登堡桧木; (g) 蠕纹鳞木; (h) 欧龙布鲁克鳞木
(a) *Lepidodendron shanyangense* Wu et He; (b) *Lepidodendron dichotomun* Sternberg; (c) *Lepidodendron ninghsiaense* Sze et Lee; (d) *Lepidodendron szeianum* Lee; (e) *Lepidodendron gansuense* Wu et al.; (f) *Eleutherophyllum waaenburgense* (Stur) Zimmernann; (g) *Lepidodendron worthenii* Lesquereux (h) *Lepidodendron aolungpylukense* Sze.

木、*Bothrodendron microscare* Li et al 微痕窝木、*Eleutherophyllum waaenburgense* (Stur) Zimmernann 瓦登堡桧木、*Stigmaria ficoides* (Sternb) Brongniart 脐根座、*Stigmaria rugulosa* Gothan 皱根座、*Stigmaria ficoides* (Sternberg) Brongniart 榕树状根托、*Leptophloeum rhombicum* Dawson 斜方薄皮木、*Cyclostigma kiltorkense* Houghton 吉尔托克圆印木。产出丰富和保存较好的产地为白银磁窑和永昌大泉,时代以古生代石炭纪和二叠纪为主。

真蕨纲植物较为普遍,几乎见于古生代至中生代的大多数古植物化石产地中,例如在永昌大泉亥姆寺、白银磁窑、华亭砚峡、玉门早峡、天水后郎庙、白银平川、兰州窑街、崇信新窑等产地均保存有大量完整的蕨类植物化石,时代跨度晚二叠世至中侏罗世。甘肃省常见真蕨纲植物化石名单如下:
Coniopteris burejensis (Zalessky) Seward 布列亚锥叶蕨、*Coniopteris xipoensis* Yang 西坡锥叶蕨、*Cladophlebis punctata* (Thomas) Chow et Yeh 斑点枝脉蕨、*Todites williamsoni* (Brongniart) Seward 威廉姆逊托第蕨、*Eboracia lobifolia* (Phillips) Thomas 裂叶爱博拉契蕨、*Coniopteris hymenophylloides* Brongniart 膜蕨锥叶蕨、*Coniopteris spectabilis* Brick 奇丽锥叶蕨、*Coniopteris simplex* Harris 简单锥叶蕨、*Cladophlebis ingens* Harris 特大枝脉蕨、*Cladophlebis angusta* (Li) Wu 狭瘦枝脉蕨、*Cladophlebis argatula* (Heer) Fontaine 微尖枝脉蕨、*Coniopteris qinghaiensis* He 青海锥叶蕨、*Coniopteris spectabilis* Brick 美丽锥叶蕨、*Gonatosorus shansiensis* (Sze) Wang 山西屈囊蕨、*Pecopteris longifolioides* Zhang 拟长叶栉羊齿、*Cladophlebis fissilis* Zhu, Hu et Li 裂羽枝脉蕨、*Ruffordia goepperti* (Dunker) Seward 葛伯特鲁福德蕨、*Asterotheca szeiana* (P'an) 斯氏星囊蕨、*Pecopteris lativenosa* Halle 厚脉栉羊齿、*Pecopteris anderssonii* Halle 安德森栉羊齿、*Pecopteris cyathea* (Schlotheim) Brongniart 桫欏栉羊齿、*Pecopteris feminaeformis* (Schlotheim) Sterzel 镶边栉羊齿、*Pecopteris arborescens* (Schlotheim) Sternberg 乔木状栉羊齿、

Pecopteris aspera Brongniart 粗糙栉羊齿。
楔叶纲甘肃常见的化石主要为木贼目 Equisetales。产楔叶植物的产地包括肃南大青沟、永昌大泉、华亭砚峡、酒泉大黄沟等地,时代以晚二叠世和中侏罗世为主。甘肃省内常见楔叶化石包括:
Calamites cistii Brongniart 须司特芦木、*Archaeocalamites scrobiculatus* (Schlotheim) Seward 窝孔古芦木、*Neocalamites hoerensis* (Schimper) Halle 霍尔新芦木、*Neocalamites carcinoides* Harris 蟹形新芦木、*Gansuphyllites multinervis* Xu et Shen 多脉甘肃芦木、*Annularia stellata* (Schlotheim) Wood 星轮叶、*Equisetites cf. laterlis* (Phillips) 侧生似木贼(相似种)、*Sphenophyllum verticillatum* (Schlotheim) Brongniart 轮生楔叶、*Sphenophyllum teerrimum* Stur (Ettingshausen MS) 弱楔叶。其中甘肃永昌大泉晚二叠世大泉组常见芦木属,华亭矿区中侏罗世延安组中常见霍尔新芦木。
种子蕨纲是裸子植物的一纲,特征与真蕨植物极相似,石炭二叠纪比较繁盛。甘肃常见的几种种子蕨植物化石都见于石炭二叠纪地层,主要产地包括了肃南大青沟、肃南大黄沟和永昌大泉,常见的种子蕨化石名单如下:
Pecopteris cyathea Schloth 桫欏栉羊齿、*Pecopteris plumosa* Artis 羽毛栉羊齿、*Pecopteris lingulata* Zhang 舌形栉羊齿、*Alethopteris norinii* Halle 那琳座延羊齿、*Emplectopteridium alatum* Kawasaki 翅编羊齿、*Callipteris changii* Sze 章氏美羊齿、*Sphenopteridium psedogermanicum* (Halle) Gu et Zhi 楔叶羊齿、*Cathaysiopteris white* Halle 怀特华夏羊齿、*Odontopteris subcrenulata* (Rost) Zeiller 亚圆齿羊齿、*Gigantonoclea taiyuanensis* (Asama) Gu et Zhi 太原单网羊齿、*Odontopteris henanensis* Xi 河南齿羊齿、*Pecopteris chihliensis* Stockmans et Mathieu 河北栉羊齿、*Triphyllopteris collombiana* Schimper 哥伦比亚三裂羊齿。
科达纲植物化石全部见于永昌大泉早二叠世地层,化石种包括 *Gigantonoclea crassiglandula* Yang 粗脉单网羊齿、*Cordaitea principals* (Germ.) Gein 带科



图 3 甘肃常见蕨类植物化石照片(比例棒长度为 1 cm)

Fig. 3 Photos of Filices fossils in Gansu Province(length of scale bar is 1 cm)

(a) 河南齿羊齿,永昌亥姆寺;(b) 威廉姆逊似托第蕨,玉门早峡;(c) 安德森栉羊齿,永昌亥姆寺;(d) 西坡锥叶蕨,华亭砚峡;
(e) 亚圆齿羊齿,永昌亥姆寺 ;(f) 布列亚锥叶蕨,华亭砚峡;(g) 厚脉栉羊齿,永昌亥姆寺
(a) *Odontopteris henanensis* Xi;(b) *Todites williamsoni* (Brongniart) Seward;(c) *Pecopteris anderssonii* Halle;(d) *Coniopteris xipoensis* Yang;
(e) *Odontopteris subcrenulata* (Rost) Zeiller;(f) *Coniopteris burejensis* (Zalessky) Seward;(g) *Pecopteris lativenosa* Halle

达、*Cordaites schenkii* Halle 疏脉科达、*Cordaites baodeensis* Sun 保德科达、*Cordaites huainanensis* Chen 淮南科达、*Cordaites yongchangensis* HF Wang et BN Sun 永昌科达 (Wang Zixi et al. , 2016)、*Cordaites*

Hexianthus Z. X. Wang et B. N. sun 河西科达 (Wang Zixi et al. , 2018)。

银杏纲植物化石几乎全部见于中生代中侏罗世地层,常见化石包括:*Ginkgoites obrutschewi* Seward 奥

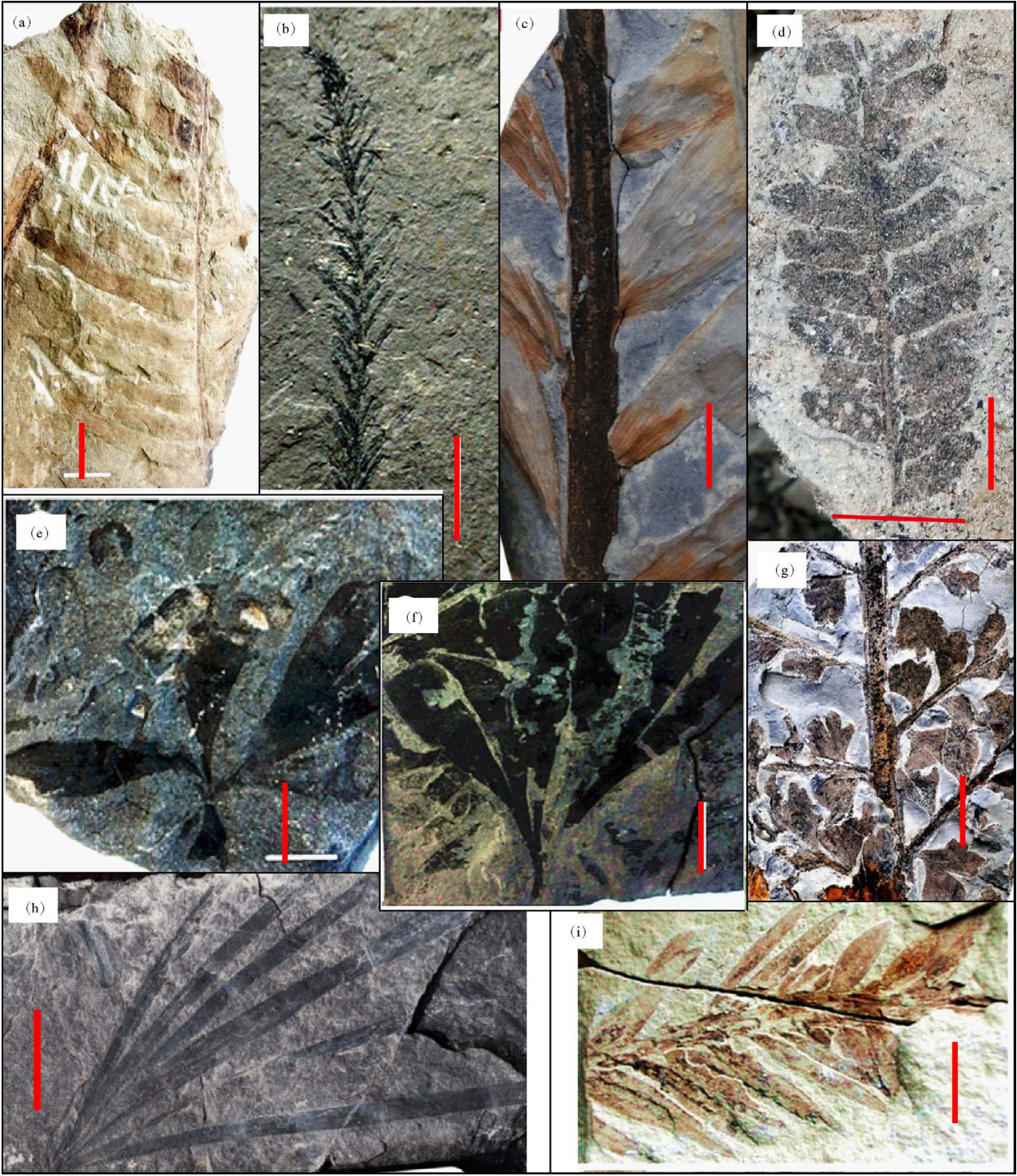


图 4 甘肃裸子植物代表产地典型照片(比例棒长度为 1 cm)

Fig. 4 Photos of Gymnospermae fossils in Gansu Province(length of scale bar is 1 cm)

(a) 亚等形侧羽叶, 兰州窑街; (b) 粗肥短叶杉, 兰州窑街; (c) 河西科达, 永昌亥姆寺; (d) 那琳座延羊齿, 永昌亥姆寺; (e) 奥勃鲁契夫似银杏, 兰州窑街; (f) 吉林似银杏, 兰州窑街; (g) 楔羊齿, 永昌亥姆寺; (h) 茨康诺斯基叶(未定种), 玉门早峡; (i) 枞型枝(未定种), 兰州窑街

(a) *Pterophyllum subaequale* Hartz; (b) *Brachyphyllum obesum* Heer; (c) *Cordaites Hexianthus*; (d) *Alethopteris norinii* Halle; (e) *Ginkgoites obrutschewi* Seward; (f) *Ginkgoites chilensis* Lee; (g) *Sphenopteris* sp.; (h) *Czekanowskia* sp.; (i) *Elatocladus* sp.

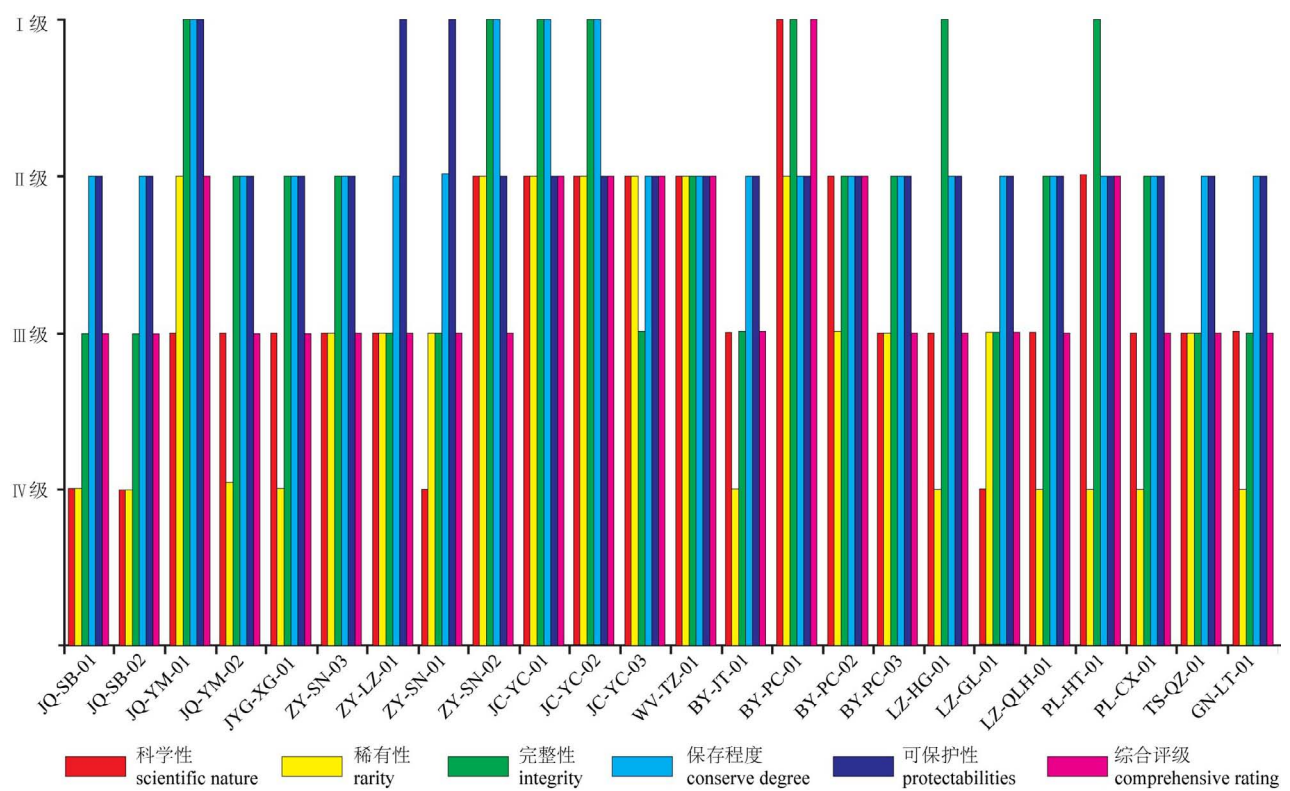


图 5 甘肃省重要古植物化石产地评价等级图
Fig. 5 Grade diagram on evaluation of the localities of fossil plant

勃鲁契夫似银杏、*Ginkgoites* sp. 似银杏 (未定种)、*Ginkgoites chilinensis* Lee 吉林似银杏、*Ginkgoites sibiricus* (Heer) Seward 西伯利亚似银杏、*Czekanowskia* sp. 茨康诺斯基叶、*Ginkgo shiguaiensis*, Sun, Dilcher, Wang, Sun et Ge 石拐银杏,重要产地包括玉门早峡、兰州窑街、华亭砚峡。

苏铁纲植物化石也都见于中生代地层,产地包括白银平川、兰州窑街、华亭砚峡、天水后郎庙、武都龙家沟等,常见化石有:*Pterophyllum propinquum* Goeppert 紧密侧羽叶、*Pterophyllum paucicostatum* Xu 稀脉侧羽叶、*Pterophyllum subaequale* Hartz 亚等形侧羽叶、*Ctenis leeiana* Shen 李氏篦羽叶、*Ctenia chinensis* Hsü 中华篦羽叶。

松柏纲植物化石也全部见于中生代地层,产地有玉门昌马、玉门红柳峡(王军等,2020)、兰州窑街、武都大岭沟和两当西坡等地,常见化石名录如下:*Elatocladus* sp. 枞型枝 (未定种)、*Brachyphyllum obesum* Heer 粗肥短叶杉、*Podozamites angustifolius* (Eichwald) Heer 狭叶苏铁杉、*Sphenolepis* cf. *sternbergiana* Schenk 司腾伯格模鳞杉 (相似种)、*Elatides* cf. *curvifolia* (Dunker) Nathorst 弯叶似枞

(相似种)、“*Podocarpites* ” *tubercaulis* Xu et Shen 瘤轴“似罗汗松”、“*Podocarpites* ” *mentoukouensis* Stockmans et Mathieu 门头沟“似罗汉松”、*Piceoxylon yumeniense* Zhou, Peng, Deng, Zhang et Yang 玉门云杉型木 (Zhou Lingqi et al., 2020)、*Protophyllocladoxylon chijinense* Zhou, Peng, Deng, Zhang et Yang 赤金原始叶枝杉型木 (Zhou et al., 2020)。

前裸子植物包括 *Tingia hamaguchii* Konno 滨口丁氏蕨、*Tingia carbonica* (schenk) Halle 粗脉丁氏蕨、*Plagiozamites tungweiensis* Sze et Lee 通渭斜羽叶、*Tingia pentalobata* Shen 五裂丁氏蕨、*Tingia trilobata* (Stockmans et Mathieu) comb. Shen 三裂丁氏蕨,主要见于永昌大泉、亥姆寺一带。

3 产地评价

3.1 单因素评价

主要从古植物化石产地的科学价值和美学价值两方面,分别对产地的科学性、稀有性、完整性、保存程度、可保护性 5 个单因素进行评价,评价结果如图 6。

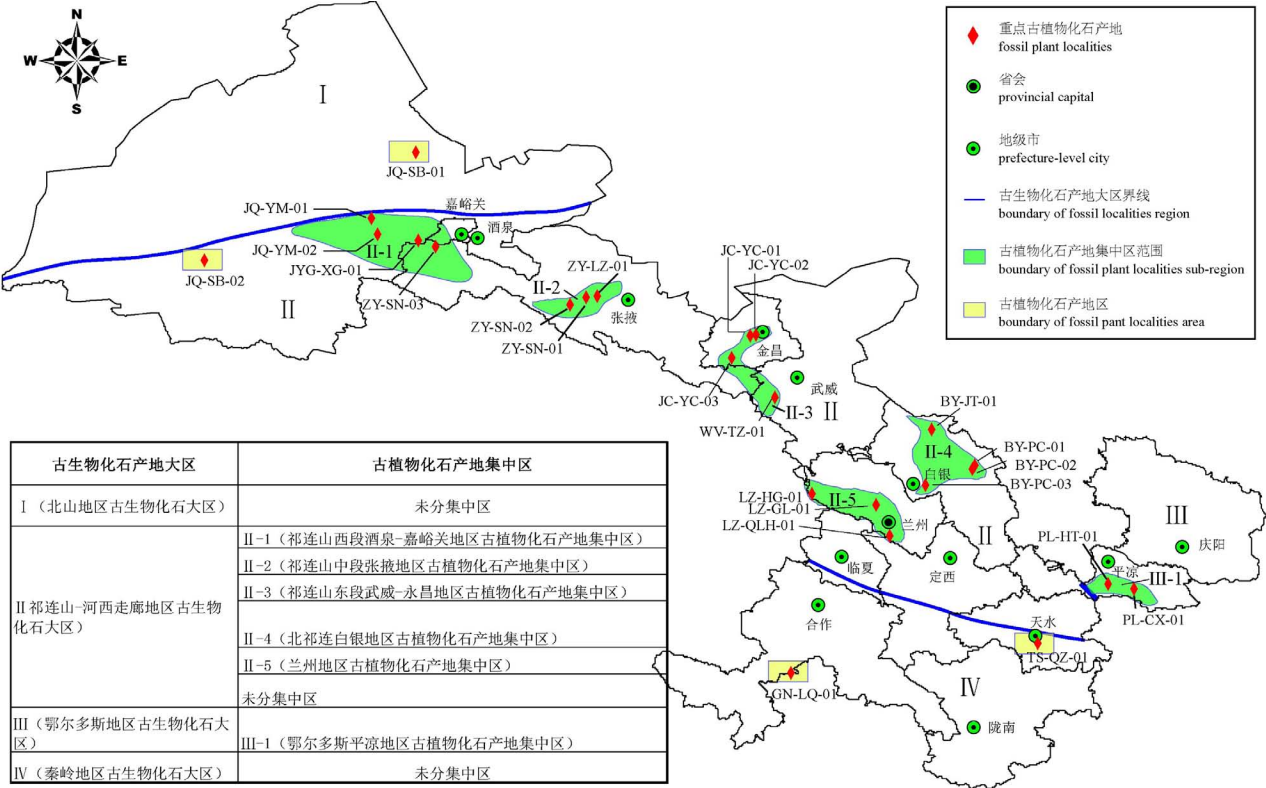


图 6 甘肃省重要古植物化石产地自然区划图

Fig. 6 Natural regionalization map of the significant fossil plant localities

白银磁窑的植物化石研究使我国纳谟尔期地层跻身世界前列,成为研究我国乃至世界石炭系中间界线层型剖面的候选地区之一,科学意义重大,因此被评为科学性 I 级;其他包括肃南大青沟、永昌亥姆寺、永昌大泉、永昌夹道半截沟、天祝臭牛沟、白银宝积山、平凉华亭等 7 个产地由于化石产出丰富,并且是国内区域地层剖面的建立地点,对研究区域演化具有重大意义,被评为科学性 II 级产地(图 5)。

稀有性评价认为没有国际罕见或特殊的化石产地,因此未评出稀有性 I 级化石产地(图 5)。稀有性 II 级产地评出 5 个,分别是玉门红柳峡、肃南大青沟、永昌亥姆寺、永昌大泉、白银磁窑。

完整性主要评价产地所揭示的地质或生命演化过程的完整程度和保存程度,共鉴评处 I 级产地 7 个(图 5)。

保存程度主要评价产地保存的完好程度,由于被评价的大多数产地均位于矿区,有人为破坏风险,此类产地均评为 II 级。其他位于保护区内有一定保护的产地则被评为 I 级,评价结果如图 5。

可保护性主要评价影响产地面临的威胁因素及保护利用可控程度和可持续性。共鉴评出可保护性

I 级产地 3 个,其余 21 个均为 II 级(图 5)。

3.2 综合鉴评

在对每个化石产地单因素评价基础上进行综合鉴评下,甘肃省 24 处重要古植物化石产地的综合评级结果如图 5 所示。共鉴评出 I 级(世界级)化石产地 1 处,为白银磁窑;II 级(国家级)化石产地 7 处,这些产地化石能为我国大区域演化过程中的重大历史事件即古生物演化阶段提供重要证据,且具有我国大区地层对比和具有典型的地学意义,包括了玉门红柳峡、永昌大泉和亥姆寺、天祝臭牛沟、白银平川、平凉华亭等产地。III 级(省级)化石产地 16 处,这些化石产地均是能为区域地质历史演化阶段提供重要地质证据,具有区域地层对比意义和具有区域典型地学意义的化石产地。

4 产地区划

根据甘肃省古植物化石产出的构造分区、地层区划、自然地理、地形地貌等要素,划分为北山地区古生物化石大区、祁连山—河西走廊地区古生物化石大区、鄂尔多斯地区古生物化石大区和秦岭地区古生物化石大区 4 个古生物化石大区。根据古植物

化石产地的集中程度等因素,划分出 6 个古植物化石产地集中区。具体划分结果如图 6 所示。

4.1 北山地区古生物化石大区

该大区覆盖了甘肃最西北部的北山、敦煌、红柳园地区,行政区划上属于酒泉肃北、瓜州、敦煌等地管辖,构造上主要涵盖西伯利亚板块和塔里木板块,分区的南界主要沿阿尔金山北缘近东西向延伸。

由于该大区以长期的风化剥蚀为主,加之区内岩浆岩出露面积大,沉积岩地层较少,化石产地不多,仅分布一个重要产地,即酒泉肃北金庙沟。

4.2 祁连山—河西走廊古生物化石大区

该大区包括了祁连山—河西走廊整个区域以及乌鞘岭以东的兰州、白银、临夏、定西和六盘山以西、秦岭山脉以北的地区。构造上包含了北祁连、中祁连、柴达木微陆块、阿拉善微陆块等构造单元。由于该地区构造演化历史完整,地层沉积序列完善,保存了大量古植物化石遗迹,分布有甘肃典型的古植物化石产地及化石标本。该化石大区进一步划分出 4 个古植物化石产地集中区和一个古植物化石产地(点)。

祁连山西段酒泉—嘉峪关地区古植物化石产地集中区(Ⅱ-1)内古植物化石整体出露较好,化石时代以早二叠世、侏罗纪和早白垩世为主,集中区内化石产地整体评级较高,为 1 个Ⅱ级和个Ⅲ级。完整性和保存程度均较好,占 1 个Ⅰ级和 3 个Ⅱ级。祁连山中段张掖地区古植物化石产地集中区(Ⅱ-2)处于北祁连山中段张掖地区,集中区内的 3 个古植物化石产地全部位于张掖国家地质公园内,保护很好,其中大青沟产地化石出露丰富,研究程度较高。祁连山东段武威—永昌地区古植物化石产地集中区(Ⅱ-3)处于北祁连山东段金昌武威地区,构造上全部处于北祁连地区,集中区内有 4 个古植物化石产地,综合评级全部为Ⅱ级,集中区内化石全部为古生代化石,且都为研究程度较高的,具有地区代表意义和区域对比的化石产地,科学性较高。北祁连白银地区古植物化石产地集中区(Ⅱ-4)处于乌鞘岭以东的北祁连地区,行政区划全部处于白银市内,地貌上以低起伏的侵蚀山地为主,构造上全部处于北祁连地区,集中区内共 4 个重要古植物化石产地,其中白银平川磁窑产地综合评级为Ⅰ级,研究程度较高。该集中区化石时代以中生代化石为主,兼具了晚古生代植物化石。兰州地区古植物化石产地集中区(Ⅱ-5)处于临夏兰州盆地内,构造上为中祁连构造区,集中区内 3 个重要的古植物化石产地以中生代

中侏罗世化石为主,另含 1 个新生代化石产地。

4.3 鄂尔多斯地区古生物化石大区

鄂尔多斯地区古生物化石大区覆盖了甘肃东部的鄂尔多斯盆地区,东以六盘山为界,行政区划处于平凉和庆阳市。该化石大区共 2 处重要古植物化石产地,划分成一个古植物化石产地集中区,为平凉地区古植物化石产地集中区(Ⅲ-1)。

4.4 秦岭地区古生物化石大区

秦岭地区古生物化石大区覆盖了甘肃南部的广大地区,北以秦岭北侧临夏天水为界,行政区划上包含了甘南、陇南全部和定西天水两市的南部地区。

该古生物化石大区内共分布两处重要古植物化石产地,未划分古植物化石产地集中区,植物化石以晚三叠世主,保存条件好,但研究程度不高。

5 保护利用

5.1 保护区划

根据古生物化石产地的等级、保存现状、可保护性等要素,在甘肃省划分出古生物化石产地集中保护区 6 个,根据保护区内古植物化石产地级别及重要程度,划分出特级保护区 2 个,重点保护区 2 个和一般保护区 2 个,保护区划分结果如图 7 所示。2 个特级保护区分别是祁连山西段酒泉—嘉峪关地区古植物化石产地特级保护区(JJ-I-01)和北祁连白银地区古植物化石产地特级保护区(BY-I-01)。2 个重点保护区是祁连山中段张掖地区古植物化石产地重点保护区(ZY-II-01)和祁连山东段武威—金昌地区古植物化石产地重点保护区(WJ-II-01)。2 个一般保护区是兰州地区古植物化石产地保护区(LZ-III-01)和平凉地区古植物化石产地保护区(PL-III-01)。

5.2 保护利用建议

化石标本能够清晰直观地展示生命进化的轮廓和普及进化论知识,同时,一些保存完好或形态特殊的化石能够给人们带来美学感受,具有极高的美学欣赏和收藏价值,目前对于古生物化石的保护已到了刻不容缓的地步(王训练等,2020)。

植物化石保护首先选取科普意义较大、观赏性较高的大型木化石,其次为保存完整,形态清晰,具有较高科研价值的茎叶化石。根据甘肃省古植物化石产地的分布及综合评价,提出以下保护利用建议:

(1)化石产地原址保护:选择古植物化石产地通行条件好、化石出露丰富、保存完整、保存程度较好的产地除建立保护区外同时对一些破坏严重的产

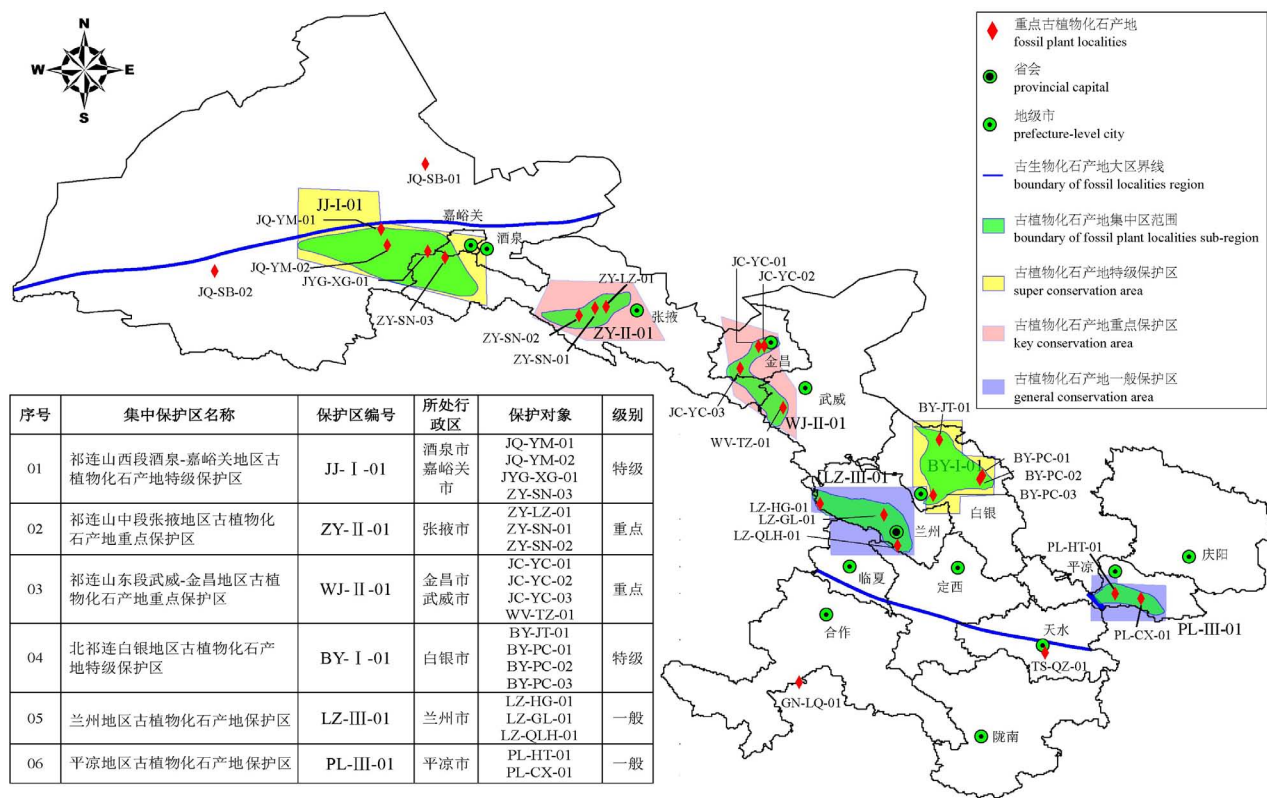


图 7 甘肃省重要古植物化石产地保护区划图

Fig. 7 Conservation maps of the significant fossil plant localities

地进行抢救性保护。保护工作主要为古植物化石剖面的保护及区内渣土的整理等科考建设及地貌景观的恢复。包括界限石碑、遗迹保护加固、监测预警等。其中,界限石碑为警示行人化石产地边界所在,沿化石产地边界埋设。遗迹保护加固主要有清渣、削坡、截排水、护坡、保护棚建设、绿化等一系列措施。建议对玉门红柳峡硅化木产地、永昌大泉和白银磁窑产地实施古生物化石产地保护工程。

(2)化石标本保护:对原产地交通不便,破坏较为严重,难以恢复的化石产地,采取标本保护工程建设(修建博物馆)的方案。建议对玉门旱峡、肃南大青沟、肃南冰沟、兰州窑街和华亭矿区这 5 个化石产地实施化石标本保护工程进行保护,精选保存形态完好,科研科普意义较大者运回博物馆保存珍藏,或者在原产地建设科普展馆,以吸引民众的参观学习。

6 结论

(1)甘肃省古植物化石资源丰富,门类齐全,对重要古植物化石产地进行区划研究和保护利用意义重大。甘肃省古植物化石产地可划分为北山地区、

祁连山—河西走廊地区、鄂尔多斯和秦岭地区 4 个古生物化石大区以及 6 个古植物化石产地集中区。

(2)白银磁窑植物化石产地由于科学意义重大,化石保存完好,被评为世界级植物化石产地,其余包括了国家级化石产地 7 处,省级化石产地 16 处。根据保护区内古植物化石产地级别及重要程度,划分出特级保护区 2 个,重点保护区 2 个和一般保护区 2 个。

(3)建议对玉门红柳峡硅化木产地、永昌大泉和白银磁窑产地实施原产地保护工程;对玉门旱峡、肃南大青沟、肃南冰沟、兰州窑街和华亭矿区 5 个产地实施化石标本保护工程进行保护。

致谢:感谢审稿专家宝贵的修改意见!

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

曹晓娟,董颖,刘嵘. 2020. 重要岩矿产地地质遗迹调查、评价、保护和利用. 中国矿业, (5): 68~71.

邓胜徽,姚立军. 1995. 蕨类植物化石繁殖器官微细构造研究方法 & 意义. 现代地质, 9(1): 19~26.

邓胜徽, 卢远征. 2008. 甘肃酒泉盆地早白垩世植物化石及其古气候意义. 地质学报, 82(1): 104~114.

杜宝霞. 2013. 甘肃玉门早白垩世植物及古环境重建. 导师: 孙柏年. 兰州大学博士学位论文: 1~150.

甘肃省地质矿产局. 1997. 甘肃省岩石地层. 中国地质大学出版社: 1~304.

李琪佳, 李军, 安鹏程, 唐德亮, 朱玉婷, 丁素婷, 吴靖宇. 2017. 甘肃华亭中侏罗统延安组植物群组成及古气候指示. 古生物学报, 56(1): 94~107.

李祖望. 1987. 甘肃靖远下石炭统臭牛沟组介形类记述. 微体古生物学报, 4(3): 313~328.

梁建德, 杨祖才, 刘洪筹, 雷积成, 王宗峨, 董定锡. 1980. 甘肃龙首山东段一条二叠纪生物地层剖面及其意义. 地质论评, 26(1): 7~17.

罗桂昌. 1993. 甘肃天祝红土洼组杂羊齿属一新种. 西安地质学院学报, 15(4): 121~124.

任文秀, 孙柏年, 李相传, 吴靖宇, 肖良, 王永栋. 2008. 浙江白垩系两种掌鳞杉科化石微细结构及其古环境意义. 地质学报, 82(5): 577~583.

孙柏年, 闫德飞, 解三平, 丛培允, 辛存林, 云飞. 2004. 兰州盆地古近系杨属叶化石及古气候指示意义. 科学通报, 49(13): 1283~1289.

王浩飞, 王文佳, 李瑞云, 徐小慧, 杨国林, 王瑾, 孙柏年. 2015. 甘肃永昌早二叠世两种科达叶的微细构造及古大气 CO₂ 浓度重建. 微体古生物学报, 32(3): 243~254.

王军, 任文秀, 李通国, 黄万堂, 彭措, 冯备战, 王玉玺, 杨国林, 胡振波. 2020. 青藏高原北缘玉门红柳峡硅化木成因及其揭示的早白垩世构造及环境. 地球科学, 45(11): 1~10.

王训练, 沈阳. 2020. 地球系统科学时代的区域地质调查应更加重视古生物资源调查. 地质论评, 66(4): 829~835.

魏信祥, 张雄华, 黄兴, 栾腾飞. 2016. 吐哈盆地中二叠世古气候重建: 来自木化石年轮的证据. 地球科学, 41(10): 1771~1780.

谢树成, 殷鸿福, 刘邓, 邱轩. 2018. 再谈古生物学向地球生物学的发展: 服务领域的拓展与创新. 地球科学, 43(11): 3823~3836.

辛存林, 季健健, 王露茜. 2017. 甘肃窑街中侏罗世 *Coniopteris lanzhouensis* 的微细构造研究. 微体古生物学报, 34(4): 428~439.

徐福祥. 1986. 甘肃靖远早侏罗世植物化石. 古生物学报, 25(4): 417~425.

杨国林. 2018. 西藏尼玛—青海曲麻莱新生代几种植物化石及古环境意义. 导师: 孙柏年. 兰州大学博士学位论文: 1~164.

张泓, 沈光隆. 1987. 中国南山剖面石炭二叠纪植物群研究的新进展. 兰州大学学报(自然科学版), 23(4): 106~115.

张明震, 戴霜, 陈世强, 张文防, 张永全, 赵杰, 张莉莉, 张瑞. 2013. 内蒙古银根—额济纳旗盆地白垩系中硅化木化石及其沉积环境. 地质学报, 87(8): 1059~1066.

周志炎. 2003. 中生代银杏类植物系统发育、分类和演化趋向. 云南植物研究, 25(4): 377~396.

周志炎. 2004. 裸子植物的盛世. 古生物学报, 43(3): 458~459.

朱伟元. 1983. 甘肃北山海相二叠系及古生物群基本特征. 甘肃地质, (1): 117~—136.

孙克勤, 崔金钟, 王士俊. 2010. 中国化石植物志(第二卷): 中国化石蕨类植物. 高等教育出版社: 1~—438.

Campany C, Martin L, Watkins J E. 2019. Convergence of ecophysiological traits drives floristic composition of early lineage vascular plants in a tropical forest floor. Annals of Botany, 123, 5: 793~—803.

Cao Xiaojuan, Dong Ying, Liu Rong. 2020&. Investigation, evaluation, protection and utilization of important rock mineral geoheritages in China. China Mining Magazine, (5): 68~71.

Deng Shenghui, Yao Lijun. 1995&. Technique and Significance of Study on Microstructure of Reproductive Organ insitu of fossil fern. Geoscience, 9(1): 19~26.

Deng Shenghui, Lu Yuanzheng. 2008&. Fossil Plants from Lower Cretaceous of the Jiuquan Basin, Gansu, Northwest China and Their Palaeoclimatic Implications. Acta Geologica Sinica, 82(1): 104~114.

Du Baoxia. 2013#. Fossil plants from the Lower Cretaceous of Ymen, Gansu Province and Palaeoenvironmental reconstruction. Supervisor: Sun Bainian. Doctoral Dissertation of Lanzhou University: 1~150.

Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province. 1997&. Stratigraphy (Lithostratic) of Gansu Province. China University of Geosciences Press: 1~304.

Li Qijia, Li Jun, An Pengcheng, Tang Deliang, Zhu Yuting, Ding Sumei, Wu Jingyu. 2017&. Acta Palaeontologica Sinica, 56(1): 94~107.

Li Zuwang. 1987&. Record of Ostracodes from the Lower Carboniferous Chouniukou Formation in Jingyuan, Gansu. Acta Micropalaeontologica Sinica. 4(3): 313~328.

Liang Jiangde, Yang Zucui, Liu Hongchou, Lei Jicheng, Wang Zong'e, Dong Dingxi. 1980#. Significance of a Permian Biostratigraphic Section in Longshoushan, Gansu, China. Geological Review, 26(1): 7~17.

Luo Guichang. 1993&. A New Species of Palaeoweichselia from Hongtuwa Formation in Tianzhu Area Gansu. Journal of Xi' An College of Geology, 15(4): 121~124.

Niklas K J, Crepet W L. 2020. Morphological (and not anatomical or reproductive) features define early vascular plant phylogenetic relationships. American journal of botany, 107(3): 477~488.

Ren Wenxiu, Sun Bainian, Li Xiangchuan, Wu Jingyu, Xiao Liang, Wang Yongdong. 2008&. Microstructures of Two Species of Cheirolepidiaceae from Cretaceous in Zhejiang, China and Its Paleoenvironmental Significance. Acta Geologica Sinica, 82(5): 577~583.

Sun Bainian, Yan Defei, Xie Sanping, Cong Peiyun, Xin Cunlin, Yun Fei. 2004&. Palaeogene Fossil *Populus* Leaves from Lanzhou Basin and their Palaeoclimatic Significance. Chinese Science Bulletin, 49(13): 1283~1289.

Wang Haoifei, Wang Wenjia, Li Ruiyun, Xu Xiaohui, Yang Guolin, Wang Jing, Sun Bainian. 2015&. Cuticular Structure of Two Lower Permian Species of *Cordaites* UNG. From Yongchang, Gansu, Northwestern China and Palaeoatmospheric CO₂ Reconstruction. Acta Micropalaeontologica Sinica, 32(3): 243~254.

Wang Jun, Ren Wenxiu, Li Tongguo, Huang Wantang, Peng Cuo, Feng Beizhan, Wang Yuxi, Yang Guolin, Hu Zhenbo. 2020&. Environment and Tectonic Evolution during the Early Cretaceous in Yumen Basin, Evidence from the Silicified Woods in Northern Margin of Tibetan Plateau. Earth Science, 45(11): 1~10.

Wang Xunlian, Shen Yang. 2020&. Paying More Aattention to the Investigation of Paleontological Resources in Regional Geological Survey in the era of Earth System Science. Geological Review, 66(4): 829~835.

Wang Zixi, Sun Bainian, Sun Fankai, Xiong Cunhui, Chen Yingquan, Wang Xuelian. 2018. Microstructure and significance of corditean

- reproductive organs from the lower Permian of Gansu, Northwest China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 158: 49~64.
- Wang Zixi, Sun Bainian, Wang Xuelian, Chen Yingquan, Sun Fankai, Xiong Conghui. 2016. A new cordaitan pollen cone and pollen grains *in situ* from the Early Permian of Hexi Corridor and its geotectonic significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 463: 261~274.
- Wei Xinxiang, Zhang Xionghua, Huang Xing, Luan Tengfei. 2016&. Palaeoclimate Reconstruction of Middle Permian in Tuha Basin: Evidence from the Fossil Wood Growth Rings. *Earth Science*, 41 (10): 1771~1780.
- Xei Shucheng, Yin Hongfu, Liu Deng, Qiu Xuan. 2018&. On Development from Paleontology to Geobiology: Overview of Innovation and Expansion of Application Fields. *Earth Science*, 43 (11): 3823~3836.
- Xin Cunlin, Ji Jianjian, Wang Louhan. 2017&. Study on the Microstructure of the Middle Jurassic *Coniopteris Lanzhouensis* form Yaojie, Gansu Province, China. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 34(4): 428~439.
- Xu Fuxiang. 1986&. Early Jurassic Plants of Jingyuan, Gansu. *Acta Palaeontologica Sinica*, 25(4): 417~425.
- Yang Guolin, Feng Beizhan, Zheng Fengjun, Ren Wenxiu, Wang Jun, Peng Cuo, Deng Peng, Guo Bing, Tuo Shibo. 2019. New evidence of early Cretaceous petrified wood in Yumen, north-western Gansu, China and its palaeogeographical implication. *History Biology*, DOI: 10.1080/08912963.2019.1630831.
- Yang Guolin. 2018&. Several Cenozoic Plant Fossils from Nima, Xizang and Qumalai, Qinghai and Paleoenvironmental Significance. Supervisor: Sun Bainian. Doctoral Dissertation of Lanzhou University: 1~150.
- Zhang Hong, Shen Guanglong. 1987&. New Advances in Studies on the Perno-Carboniferous Flora of the Nanshan Section, China. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 23(4): 106~115.
- Zhang Mingzhen, Dai Shuang, Chen Shiqiang, Zhang Wenfang, Zhang Yongquan, Zhao Jie, Zhang Lili, Zhang Rui. 2013&. Early Cretaceous Silicified Woods from the Yingen-Ejinaqi Basin, Inner Mongolia and Their Sedimentary Environment. *Acta Geologica Sinica*, 87(8): 1059~1066.
- Zhou Lingqi, Peng Cuo, Deng Peng, Zhang Xiaolin, Yang Guolin, Ren Wenxiu, Wang Jun, Li Xiaoqiang, Tuo Shibo, Guo Bing. 2020. New records of Early Cretaceous petrified wood in Yumen, north-western Gansu Province, China, and their palaeoclimatic implications. *Palaeoworld*, <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2020.08.002>.
- Zhou Zhiyan. 2003&. Mesozoic Ginkgoaleans: Phylogeny, Classification and Evolutionary Trends. *Acta Botanica Yunnanica*, 25(4): 377~396.
- Zhou Zhiyan. 2004#. Heyday of gymnosperms. *Acta Palaeontologica Sinica*, 43(3): 458~459.
- Zhu Weiyan. 1983&. On the Permian Marine Stratigraphy and the Fundamental Characteristics of the Fauna in Beishan Gansu Province *Gansu Geology*, (1): 117~136.
- Sun Keqin, Cui Jinzhong, Wang Shijun. 2010. Fossil Flora of China (Volume 2): Fossil Pteridophytes in China. Higher Education Press, Beijing: 1~438.

Physical regionalization, protection and utilization of significant fossil plant localities in Gansu Province

WANG Jun^{1,4)}, LI Xiaoqiang¹⁾, ZHANG Haifeng¹⁾, GUO Bing¹⁾, REN Wenxiu¹⁾, PENG Cuo²⁾,
FENG Beizhan¹⁾, WANGYuxi³⁾, HU Zhenbo⁴⁾

1) Geological Survey of Gansu Province, Lanzhou, 730000; 2) Gansu Geological Museum, Lanzhou, 730000;

3) The Third Institute of Geology and Minerals Exploration, Bureau of Geological and Mineral Exploration of Gansu Province, Lanzhou, 730000;

4) College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, 730000

Abstract: Fossil plants are the remains of various plant entities or traces in geological history. Systematic investigation and regionalization of fossil plants are the basis for the protection and utilization of fossil resources. On the basis of field investigation and data analysis, we evaluated and study on regional division of 24 significant fossil plant localities in Gansu Province. These fossil plant localities can be divided into 4 regions, which is Beishan, Qilianshan-Hexi corridor, Ordos and Qinling area, and further 6 subareas of concentrated distribution area. According to the scientific and aesthetic value of the localities of fossil plants, the scientific nature, rarity, integrity, conserve degree and protectabilities of 24 localities have been estimated, and appraised 1 world level, 7 national level, and 16 provincial level fossil plant localities through comprehensive analysis of the above evaluation results. According to the natural and administrative division of the fossil plant localities, 6 conservation areas are divided. Basis on the appraisal level and importance of fossil plants localites, it can be divided into 2 super, 2 key and 2 general reserves. It is proposed that carrying out a proposal of fossil specimens preservation combine origin localities protection to these significant fossil plant localities.

Keywords: fossil plants; fossil; extinct animals and plants, fossil locality; protection and utilization; physical regionalization

Acknowledgements: This study was supported by the Project of fossils survey and investigate in Gasu Provice, Natural Science Foundation of Gansu Province (No. 20JR5RA039) and Youth innovation talents in Gansu Provice

First author: WANG Jun, male, born in 1986, Ph. D. , senior engineer, mainly engaged in regional geological survey and geological relics evaluation and conservation; Email: wangjunlzu@foxmail.com

corresponding author: REN Wenxiu, male, born in 1981, Ph. D. , senior engineer, mainly engaged in paleobotany; Email: ldwxren@163.com

Manuscript received on: 2020-08-12; Accepted on: 2021-02-01; Network published on: 2021-03-20

Doi: 10. 16509/ j. georeview. 2021. 03. 021 **Edited by:** LIU Zhiqiang

