准噶尔盆地西南缘四棵树地区西山窑组 孢粉组合及古气候意义



Vol. 68 No. 1

Jan . . 2022

geojournals.cn/georev

池建强¹⁾,靳军²⁾,肖继南²⁾,罗正江²⁾,师天明²⁾,阿丽亚²⁾, 周小虎¹⁾,许帅帅¹⁾,冯婷³⁾

1)西北大学地质学系,西安,710069;2)新疆油田公司实验检测研究院,新疆克拉玛依,834000;
 3)西北大学化学与材料科学学院,西安,710069

内容提要:四棵树凹陷位于准噶尔盆地南缘西段乌苏市境内,蕴含丰富的油气和煤炭资源。由于匮乏化石证据,制约四棵树凹陷侏罗纪地层的地质时代的确定。对西山窑组沉积环境和孢粉分析研究,恢复重建了其古环境,探讨了本区中西山窑时期的植被演替及环境演变。西山窑组岩性以泥质细砂岩、浅灰绿色泥岩、粉砂岩、泥岩为主。通过对孢粉化石分析研究,建立了 Cyathidites minor—Osmundacidites —Cycadopites—Disacciatrileti(COCD)孢粉组合。 组合中蕨类植物孢子与裸子植物花粉含量大体相当,蕨类植物孢子以紫萁科的 Osmundacidites 为主,桫椤科孢子也有一定含量,其他常见分子包括 Deltoidospora、Neoraistrickia 等,裸子植物以松柏类两气囊花粉含量为主,均为我国侏罗 纪常见属种。通过对西山窑组孢粉植物群的分析,认为西山窑组孢粉组合时代属于中侏罗世早期,该孢粉植物群总体上反映了温暖湿润的热带—亚热带气候特点,植被类型以针阔混交林为主。

关键词:孢粉组合;西山窑组;生物地层;准噶尔盆地;古气候

准噶尔盆地是我国重要的含油气盆地,盆地发 育6个次一级构造单元(蔡忠贤等,2000;陈业全等, 2004; 隋风贵, 2015; 陈建平等, 2016; 赵晓东等, 2021)。准噶尔盆地南缘构造复杂,背斜圈闭众多, 蕴含丰富的油气资源(马万云等,2015;屈栓柱等, 2019; 耿英英等, 2020; 高剑雄, 2021)。四棵树剖面 位于准噶尔盆地南缘西段(贺振建,2007,程长领, 2018;朱明等,2021)。剖面内出露着石炭系、三叠 系、侏罗系、白垩系地层。侏罗系蕴含丰富的油气和 煤炭资源,是进行气勘查的重要核心。其中,西山窑 组发育的煤层分布广、厚度大,具有良好生烃潜力, 是该区的主力烃源岩。因此,四棵树凹陷是南缘两 个主生烃凹陷之一,勘探潜力巨大。但是由于四棵 树凹陷地表条件恶劣、地下构造复杂,基础地质问题 还缺乏深入研究,尤其是对于西山窑地层时代的确 定。

孢粉记录了地质历史时期的古气候信息。对孢 粉化石进行研究分析,可以确定地层时代,并获取地 质时期当地的古气候和古植物群等信息。本文通过 对四棵树剖面西山窑组孢粉组合特征的研究,明确 了西山窑组孢粉组合地质时代,并讨论了在地质时 期研究区的古植物群落与古气候特征。

1 地层概况

准噶尔盆地侏罗系发育较好,分布广泛,出露完整(杨基端等,1982)。四棵树剖面准噶尔盆地南缘 西段,剖面出露的侏罗系地层有的八道湾组、三工河 组、西山窑组、头屯河组和齐古组(图1,图2)。

上覆地层:齐古组 (J_2q)

————平行不整合————					
侏罗纪中统头屯河组 (J_2t)	29.07 m				
12. 上段灰绿色粉砂质泥岩,下段灰白色:	细砂岩夹紫红				
色泥质粉砂岩,顶部为2~3 m 紫红色	粉砂岩				
	14, 99 m				

11. 暗紫红色细砂岩,紫红色泥质粉砂岩,灰绿色泥岩, 互层状,顶部厚3m灰绿色粉砂质泥岩夹薄层泥质 细砂岩。该段中发育二层菱铁矿层,第一段菱铁矿 层位于中下部,厚20~30 cm,第二段菱铁矿层位于 该段顶部呈两种形态分布:一种顺层出露的菱铁矿

注:本文为新疆油田公司科研课题"四棵树凹陷下白垩统一中侏罗统地层研究"(编号:2020-C4014)的成果。

收稿日期:2021-06-09;改回日期:2021-11-17;网络首发:2021-12-20;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2021.12.031 作者简介:池建强,男,1995年生,硕士研究生,地质工程专业;Email:1323675391@qq.com。通讯作者:周小虎,男,1974年生,副教授,主

要从事沉积地层划分对比研究;Email:zhouxiaohu@nwu.edu.cn。



图 1 准噶尔盆地南缘西段四棵树剖面位置图(据赵乐强等改,2018) Fig. 1 Location map of sikeshu section in western section of southern margin of Junggar Basin(from Zhao Leqiang et al., 2018&)

孢粉名称	含量(%)	孢粉名称	含量(%)	孢粉名称	含量(%)
裸子植物花粉		Cycadopites subgranulosus	0.70	Cyclogranisporites sp.	0.70
Caytonipollenites pallidus	0.35	Cycadopites follicularis	0.70	Osmundacidites parvus	15.38
Abietineae/Pinuspollenites spp.	20.98	Cycadopites carpentieri	1.75	Osmundacidites diversispinulatus	6.99
Podocarpidites spp.	1.05	Cycadopites dilucidus	0.35	Osmundacidites wellmanii	0.70
Quadraeculina anellaeformis	0.70	Cycadopites latisulcatus	0.70	Osmundacidites granulata	1.75
Quadraeculina limbata	0.70	Cycadopites typicus	0.70	Osmundacidites elegans	1.75
Quadraeculina enigmata	0.35	Cycadopites pyriformis	0.70	Osmundacidites nicanicus	0.70
Paleoconiferus asaccatus	1.05	Cycadopites spp.	1.40	Osmundacidites spp.	6.29
Protoconiferus oviformis	0.70	Chasmatosporites elegans	1.05	Convertucosisporites sp.	0.35
Protoconiferus flavus	0.70	Chasmatosporites hians	1.05	Verrucosisporites spp.	1.05
Protoconiferus funarius	0.70	Chasmatosporites spp.	1.05	Apiculatisporis sp.	0.35
Pseudopicea magnifica	0.70	Perinopollenites sp.	0.70	Neoraistrickia sp.	0.35
Pseudopicea rotundiformis	0.70	Classopollis annulatus	1.05	Lycopodiumsporites subrotundum	2.10
Piceites spp.	1.40	裸子植物花粉总计	49.65	Asseretospora parva	1.40
Protopinus subluteus	0.35	蕨类植物孢子		Asseretospora gyrata	0.70
Pseudowalchia sp.	0.35	Deltoidospora spp.	3.50	Limatulasporites limatulus	0.35
Disacciatrileti	2.80	Todisporites minor	0.35	Bayanhuasporites sp.	0.35
Cerebropollenites mesozoicus	1.75	Cyathidites minor	2.80	Laevigatosporites sp.	0.35
Concentrisporites fragilis	0.70	Sphagnumsporites minor	1.05	蕨类植物孢子总计	50.35
Callialasporites dampieri	0.70	Torisporis sp.	0.35		
Psophosphaera spp.	1.05	Granulatisporites sp.	0.70		

表1 准噶尔盆地四棵树剖面孢粉含量							
Tible 1 Sporopollen	content of the	Sikeshu pr	ofiles in .	Junggar	Basin		

侏罗纪中统西山窑组(J₂x)

10. 下段为浅灰白色细砂岩,底部为厚 40 cm 左右的泥 质细砂岩;上段浅灰绿色泥岩,夹似层状铁灰色菱 铁矿层(10~12 cm),菱铁矿耳状粒结合体。

28.25 m

202.35 m

- 浅灰色细砂岩、粉砂岩夹灰色粉砂岩,顶部为一层厚
 2.5 m的含泥质粉细砂岩。
 50.23 m
- 浅灰色砂砾岩与深灰色厚约 1.00 m 的泥岩组成旋回,具七层深灰色泥岩夹 6 层砂砾岩;砂砾岩为泥石流沉积,粒径一般 1~2 cm,呈现浮漂砾状,泥岩为浅湖或半泻湖。
- 7. 浅黄色细砂岩,含砾细砂岩。 21.01 m
- 6. 浅灰色细砂砾岩具板状层理,砾石大小7~2 cm。

6.13 m

 浅灰色细砾岩夹透镜状含砾粗砂岩,砾石砾径最大 者 10 cm,粒度为 3~4 cm 为主,分选度圆度中等。

24.78 m

- 4. 砖红色细砂岩(烧变岩),为浅湖相。 5.16 m
- 3. 下段则为浅灰色中砂岩夹薄层粉砂质泥岩;中段深灰色泥岩,灰色泥质粉砂岩;顶部 1.5 m 深灰色泥质粉砂岩;顶部 1.5 m 深灰色泥质粉砂岩夹煤线 3~5 cm,粉砂岩中含植物化石;下段为滨湖相沉积环境;中段为浅湖或深湖沉积。

6.98 m

 2. 浅灰色细粒岩夹透镜状含砾粉砂岩,细砂岩直径细 砾岩直径 2~4 cm,少量砾石最大 13 cm,多呈长条 扁平状,次棱角状—次圆状为主,少量为浑圆状 5% ~6%,磨圆中等,分选中等。
 39.81 m

下覆地层:三工河组(J₁s)

- 灰色、深灰色泥岩与细砂岩互层夹炭质泥岩、灰绿色 薄层状岩屑粉砂岩、细砂岩及含砾粗砂岩近等厚互 层。
- 2 结果和讨论

2.1 Cyathidites minor—Osmundacidites— Cycadopites—Disacciatrileti 组合

"COCD"组合产自准噶尔盆地南缘西段四棵树 河剖面,其中共鉴定孢子花粉 30 属 40 种(图 3~图 5)。COCD 孢粉组合特征是:

(1)蕨类植物孢子与裸子植物花粉含量大体相当。其中蕨类植物孢子含量为 50.35%,裸子植物 花粉含量 49.65%(表1)。

(2) 蕨类植物孢子以紫萁科的 Osmundacidites

组	符号	厚度 (m)	岩性	岩性描述
头屯河组	$J_2 t$	29.07	• • - • • - • • - •	粉砂质泥岩
		28.25	• • • • • • • • • • • • • • • • • •	灰色细砂岩
		50.23		粉砂岩
王小农阳	J ₂ x	20.00	0 • 0 • 0 • 0 • 0	灰色砂砾岩
四山田垣		21.01	• • • • • • • •	黄色细砂岩
		6.13	• • • •	灰色细砂岩
		24.78	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	灰色细砾岩
		5.16		紫红色细砂岩
		6.98	• • •	灰色中砂岩
		39.81		灰色细砂岩
三工河组	$J_2 s$			深灰色泥岩

图 2 准噶尔盆地西南缘四棵树剖面地层柱状图 Fig. 2 Stratigraphic histogram of Sikeshu section in southwestern margin of Junggar Basin

含量最高,占 33.57%,种类有 0. parvus, 0. diversispinulatus, 0. granulata, 0. elegans 等; 桫椤科 孢子也有一定含量,占 6.29%,包括 Deltoidospora 和 Cyathidites minor;其余分子多为少量或零星出现,如 卷柏科之 Neoraistrickia,石松科之 Lycopodiumsporites subrotundum 和 L. paniculatoides,海金沙科之 Toroisporis 以及 Granulatisporites, Cyclogranisporites, Verrucosisporites, Apiculatisporis, Asseretospora parva, Limatulasporites limatulus, Bayanhuasporites 等形态 属种。

(3)裸子植物花粉以松柏类两气囊花粉含量最高,占33.22%,包括两气囊分化不完善的原始松柏



图 3 准噶尔盆地南缘四棵树剖面西山窑组孢粉图版 Fig. 3 Palynological plate of the Xishan yao Formation in Sikeshu section, southern Junggar Basin 1—具唇孢(未定种) Torisporis sp.; 2~5、13—小桫椤孢 Cyathidites minor Couper, 1953; 6、10、21—小阿赛勒特孢 Asseretospora parva (Li et Shang) Pu et Wu, 1985; 7、9、26—近圆石松泡 Lycopodiumsporites subrotundum (Kara-Mursa) Pocock, 1970; 8—圆锥石松泡 Lycopodiumsporites paniculatoides Tralau, 1968; 11、12、16、22、24—小紫 萁泡 Osmundacidites parvus De Jersey, 1962; 14、29—变刺紫 萁泡 Osmundacidites diversispinulatus (Klimko) Zhang et Miao, 1984; 15—圆形块瘤孢(未定种) Verrucosisporites sp; 17、28—粒面紫萁泡 Osmundacidites granulate (Mal.) Zhou, 1981; 18~20、23、25—华丽紫萁泡 Osmundacidites elegans (Verb.) Xu et Zhang, 1980; 27—背光背光泡 Limatulasporites limatulus (Playford) Helby et Foster, 1979

类,主要为单/双束松粉 Abietineae/Pinuspollenites,次 为 Podocarpidites, Quadraeculina anellaeformis, Q. limbata, Paleoconiferus asaccatus, Protoconiferus oviformis, P. flavus, Pseudopicea magnifica, Piceites, Protopinus subluteus 以及 Disacciatrileti;单沟和原始 沟类花粉也有较高含量,占 10.14%,前者见 Cycadopites subgranulosus, C. carpentieri, C. typicus, C. pyriformis等,后者见 Chasmatosporites elegans, C. hians 等;其余分子多为少量或个别见及,如 Classopollis annulatus, 杉科之 Cerebropollenites mesozoicus 和 Concentrisporites fragilis,南洋杉科之

表 2 中侏罗早期组合孢粉类型及含量

Tible 2 Pollen types and content of assemblages in the early Middle Jurassic

	彬县地区	吐鲁番七泉湖	准噶尔盆地	塔里木盆	准噶尔盆地			
布粉种属	尹凤娟	孙峰,	张望平	刘兆生,	**			
10-10117月7月	等,1999	1989	等,1990	2003	平义			
蕨类植物孢子	48.8	50.8	交替占优势	44.8	50.35			
Cyathidites	21.4	18.7 (12.1)	3~65	42 (39.8)	2.80			
Delto idos por a	9.1	2.5	0~9	0.1	3.50			
Cibotiums pora		0.5	0~4.5					
Todisporites		0.3	0~1	0.2	0.35			
Osmundacidites	1.2	17.6	0.5~3.5		33. 57			
Neoraistrickia	1.6	1.4	0~3.5	0.15	0.35			
Ly copodium sporites	2.2	2	1~13	0.3	2.10			
Densoisporites	1.9	0.6	0~1.5					
裸子植物花粉		49.2	交替占优势		49.65			
Cerebropollenites	1.7	1.3	0~5.5	1.5	1.75			
Callial as porites	0.9	0.7	0~1	0.1	0.70			
Pinuspollenites	1	1.4	0~4.5	2				
Piceites	0.7	0.4	1~11	1.3	1.40			
Protopicea	0.2	0.2		5.1				
Pseudopicea	0.5	0.4		26.8	1.40			
Podocarpidites	0.9	1.2	0~9	2.4	1.05			
Quadrae culina	7.2	7.2	0~16	9.4	1.75			
Paleoconiferus			0.5~6		1.05			
Protoconiferus	0.2	0.6		0.3	2.10			
Pseudowalchia		0.4			0.35			
Cycadopites	27.2	23.8	0.5~24	2.1	6.99			
Eucommiidites	2.7	0.4	0~1	0.2				
Perinopollenites		0.2	0.5~3	0.1	0.70			
Classopollis	0.9	0.2	0~1	0.8	1.05			

Callialasporites dampieri 和 Psophosphaera 等。

2.2 地质时代讨论

在组合中,蕨类植物孢子与裸子植物花粉含量 大体相当。下面对组合中一些优势分子的含量及其 分布时代作进一步的分析和对比。

蕨类植物孢子以 Osmundacidites 含量最高, Osmundacidites 在中—新生代广泛分布,在我国早、 中侏罗世地层中含量相对较高,常作为组合的建带 分子出现。如:准噶尔盆地玛纳斯河红沟剖面中侏 罗世早期 18.4%(黄嫔等,2007),银额盆地早侏罗 世晚期含量 9.44%~15.69%(李素萍等,2021),吐

> 鲁番七泉湖煤田中侏罗世早期西山窑组 含量 17.6%(孙峰, 1989)、鄂尔多斯盆 地中侏罗世早期延安组中上部占 - 10.98%(孙立新等,2017)、三塘湖盆地 西山窑组最高达 36% (黄嫔, 2002)。 Lycopodiumsporites 在俄罗斯北高加索地 - 区中侏罗世组合中发育,在我国新疆塔 里木盆地、准噶尔盆地中侏罗世地层中 都有存在。如:在塔里木盆中侏罗世组 合中 0.3% (刘兆生, 2003);准噶尔盆地 西山窑组 1%~13%(张望平等,1990)。 *Neoraistrickia* 主要集中在中侏罗世。 如:准噶尔盆地中侏罗世早期组合中0~ - 3.5%(张望平等,1990),吐鲁番七泉湖 中侏罗世早期组合中含量1.4%(孙峰, 1989)。吐鲁番西山窑组 0~1.4%(王永 栋等,1998)。Cyathidites 主要集中在中 侏罗纪地层中。在澳大利亚西部侏罗纪 地层中都有存在,在我国准噶尔盆地西 山窑组、鄂尔多斯盆地延安组都有存在。 如准噶尔盆地沙湾县西山窑组含量达 18.1%~78.3%(刘兆生,1990):准噶尔 盆地西山窑组 3%~65%(张望平等, 1990)

Cycadopites 是我国北方早、中侏罗 世孢粉组合的重要组成分子。如吐鲁番



图 4 准噶尔盆地南缘四棵树剖面西山窑组孢粉图版 Fig. 4 Palynological plate of the Xishanyao Formation in Sikeshu section, southern Junggar Basin 1—环圈克拉棱粉 Classopollis annulatus (Verbitzkaja)Li,1974;2、3—华美广口粉 Chasmatosporites elegans Nilsson,1958;4—广口粉(未定种) Chasmatosporites sp.;5、7、9、11 —敞开广口粉 Chasmatosporites hians Nilsson,1958;6—亚颗粒苏铁粉 Cycadopites subgranulosus (Couper) Bharadwaj et Singh,1964;8—卡城苏铁粉 Cycadopites carpentieri (Delc. et Sprum.)Singh,1964;10、14、16~19 —中生脑形粉 Cerebropollenites mesozoicus (Couper)Nilsson,1958;12—小袋苏铁粉 Cycadopites follicularis Wilson et Webster,1946;13—梨形苏铁粉 Cycadopites pyriformis (Nilsson)Zhang,1984;15—周壁粉(未定种) Perinopollenites sp.;

七泉湖西山窑组含量达到 23.8%(孙峰,1989);在 奇台北山西山窑组含量为 16.3%(刘兆生,1993)。 Quadraeculina 存在于三叠纪到早白垩世,主要集中 在中侏罗世。Perinopollenites 在我国早、中侏罗世广 泛分布(表 2)。

此外,在组合中三叠纪孑遗分子基本消失。但 是在早侏罗世地层中会残留有三叠纪分子,在中侏 罗世及以后地层中基本消失。如我国陕甘宁盆地延 安组,新疆准噶尔盆地西山窑组(刘兆生,1990), 吐鲁番盆地的西山窑组(孙峰,1989)等中侏罗世 地层组合中,均未发现三叠纪的残余分子。同时, 组合中分子主要为侏罗纪常见分子,尤其是中侏罗 世。据此,可排除其属于早侏罗世的可能。另外,组 合中 *Classopollis* 含量只有 1.05%,但是在我国新疆 中侏罗世晚期组合中的含量普遍偏高,且远高于中 侏罗世早期。如:在新疆中侏罗世早期 *Classopollis* 含量只有 0.2%(孙峰,1989),而在中侏罗世晚期含 量则达到 19.2%~28.2%(黄嫔,2002);陕西彬县



图 5 准噶尔盆地南缘四棵树剖面西山窑组孢粉图版

Fig. 5 Palynological plate of the Xishanyao Formation in Sikeshu section, southern Junggar Basin

1~3、12 —单/双東松粉(未定多种) Abietineae/Pinuspollenites spp.;4—假瓦契杉粉(未定种) Pseudowalchia sp.;5—不显四字粉 Quadraeculina enigmata (Couper) Xu et Zhang, 1980;6—罗汉松粉(未定种) Podocarpidites sp.;7—浅黄原始松粉 Protopinus subluteus Bolkhovitina, 1956;8—真边四字粉 Quadraeculina limbata Maljavkina, 1949;9—富纳赖原始松柏粉 Protoconiferus funarius (Naumova) Bolkhovitina, 1956;10—卵形原始松柏粉 Protoconiferus oviformis (Qian et Wang) Song, 1999;11—矩形四字粉 Quadraeculina anellaeformis Maljavkina, 1949;13—黄色原始松柏粉 Protoconiferus flavus Bolkhovitina, 1956;

表 3 准噶尔盆地西南缘西山窑组孢粉的古气候指示意义

Tible 3 Paleoclimatic significance of sporopollen of the Xishan yao Formation in southwestern Margin of Junggar Basin

			0	00		
孢粉	科	植物类型	气候类型	干湿度	生态环境	含量(%
Osmundacidites	紫萁科	草本	热带-暖温带	潮湿	沼生	33.57
Cyathidites	桫椤科	常绿阔叶林	热带-亚热带	潮湿半潮湿	湿生	2.80
Delto idos por a	桫椤科	草本	热带-亚热带	潮湿半潮湿	湿生	3.50
Toroisporis	海金沙科	草本	热带-亚热带	潮湿	湿生	0.35
Neoraistrickia	卷柏科	草本	亚热带-温带	潮湿	中生	0.35
Ly copodium sporites	石松科	草本	亚热带-温带	潮湿	中生	2.10
Podocarpidites	罗汉松科	针叶林	热带	潮湿	湿生	1.05
Cycadopites	苏铁科	阔叶	热带-亚热带	潮湿半潮湿	中生	6.99
Cerebropollenites	杉科	针叶林	亚热带-温带	潮湿半潮湿		1.75
Classopollis	掌鳞杉科	针叶林	热带-亚热带	干旱	旱生	1.05
Protoconiferus	松科	针叶林	热带-亚热带	潮湿	中生	2.10
Piceites	松科	针叶林	热带-亚热带	潮湿	中生	1.40
Perinopollenites	柏科	针叶林	温带	潮湿	中生	0.70
Callial as porites	南美杉科	针叶林	热带	干旱	旱生	0.70
Todisporites		草本	热带—亚热带	潮湿	湿生	0.35
Cyclogranis porites		灌木	热带—温带	潮湿	湿生	0.7
Quadrae culina		针叶	温带		中生	1.75

延安组含量为0.9%(尹凤娟等,1999),三塘湖盆地 中侏罗世晚期含量达19%~28%(黄嫔,2002)。因 此,其时代也不可能是中侏罗世晚期。综上所述,我 们认为其地质时代属于中侏罗世早期。

本组合可与新疆三塘湖盆地塘浅3井中侏罗世 Cyathidites minor—Osmundacidites—Cycadopites— Quadraeculina 组合对比(黄嫔,2002)。共同点有:

(1) 蕨类植物孢子中, Osmundacidites 的含量最高,都达到了 30%以上。常见分子有桫椤科和紫萁科的,如 Cyathidites minor, Deltoidospora, Osmundacidites 等;少量或零星出现的有Lycopodiumsporites, Neoraistrickia 以及一些具粒、刺、瘤等纹饰的形态属种。

(2)裸子植物花粉以松柏类两气囊花粉为多,
Abietineae/Pinuspollenites,
Podocarpidites,
Quadraeculina, Protoconiferus, Pseudopicea, Piceites,
Protopinus 等; 其 它 经 常 或 少 量 出 现 的 有
Cerebropollenites 和 Concentrisporites, Cycadopites 和
Chasmatosporites 等;少量或零星出现 Classopollis。

根据上述分析和对比,本组合的地质时代应为 中侏罗世早期(Aalenian 期—Bajocian 期),时代与 西山窑组相当。

2.3 古植被及古气候探讨

生物的分布受到气候影响,因此,古生物的分布 亦受到古气候的控制。孢粉化石记录了地质时期的 古气候信息。对孢粉进行研究 分析,可以重建地质时期当地 的古植物群面貌。依据孢粉化 _____石的母体植物可以推测当地的) 古气候特征。

蕨类植物适应热带—亚热 带的湿热环境。紫萁科 Osmundacidites 含量 33.57%, 其母体植物为灌木,主要分布 在热带、亚热带或温带潮湿地 区,沼生环境;桫椤科 Cyathidites 含量 2.80%,其植 物类型为常绿阔叶林,适应热 带—亚热带潮湿地区;苏铁科 Cycadopites 含量 6.99,其为常 绿木本植物,分布于热带—亚 热带地区;松科 Protoconiferus 和 Piceites 含量分别为 2.1%和 1.4%,其主要生长在干旱、喜

阳光的环境,分布于热带、亚热带;杉科 Cerebropollenites,分布于亚热带丘陵地带;罗汉松科 Podocarpidites为针叶林,分布于热带。反映炎热干 旱或干旱型气候的松柏纲掌鳞杉科的 Classopollis 和 南美杉科的 Callialasporites,在组合中含量很少,可 能为早侏罗世遗留下的分子。气候敏感植物类群中 指示热带、亚热带潮湿的气候的有:桫椤科、桫椤科、 海金沙科、卷柏科、石松科、罗汉松科、苏铁科、杉科、 松科等,在组合中占绝对优势(表3)。因此,本孢粉 植物群反映的气候属于温暖湿润的热带—亚热带气 候。这与我国北方侏罗世早期属于暖温带潮湿气候 区相符(邓胜徽,2017)。

3 结论

孢粉组合中蕨类植物孢子与裸子植物花粉含量 大体相当,其中蕨类植物孢子以 Osmundacidites 含量 最高;裸子植物以松柏类两气囊花粉含量最高。对 孢粉组合特征分析对比,推测地质时代应为中侏罗 世早期(Aalenian 期—Bajocian 期),时代与西山窑 组相当。根据孢粉组合中的优势分子几乎都是分布 于热带、亚热带地区的植物分子,认为当时的气候属 于温暖湿润的热带—亚热带气候。

致谢:孢粉化石由中科院南京地质古生物研究 所季兴开研究员鉴定,责任编辑和审稿专家提出了 宝贵意见,在此表示一一感谢!

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)

- 蔡忠贤,陈发景,贾振远. 2000. 准噶尔盆地的类型和构造演化. 地 学前缘,7(4):431~440.
- 陈建平,王绪龙,邓春萍,梁狄刚,张越迁,赵喆,倪云燕,支东明, 杨海波,王屿涛. 2016. 准噶尔盆地油气源、油气分布与油气系 统. 地质学报,90(3):421~450.
- 陈业全, 王伟锋. 2004. 准噶尔盆地构造演化与油气成藏特征. 石油大学学报(自然科学版), 28(3): 4~8+136.
- 程长领. 2018. 四棵树凹陷侏罗系烃源岩再认识. 新疆石油地质, 39(1): 119~124.
- 邓胜徽,卢远征,赵怡,樊茹,王永栋,杨小菊,李鑫,孙柏年. 2017.中国侏罗纪古气候分区与演变.地学前缘,24(1):106~ 142.
- 高剑雄. 2021. 准噶尔盆地南缘白垩系—古近系烃源岩地球化学特征及潜力评价. 地质论评, 67(S1): 219~221.
- 耿英英,刘章月,何中波,黄少华,郭强,许强,宋继叶.2020.准 噶尔盆地南缘头屯河地区砂岩型铀矿铀源区及其成矿构造背景 分析——来自碎屑锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素的证据.地质论 评,66(2):393~409.
- 贺振建. 2007. 准噶尔盆地四棵树剖面孢粉组合及三叠系—侏罗系 界线. 地层学杂志, 31(S2): 513~520.
- 黄嫔,李建国. 2007. 新疆玛纳斯河畔红沟剖面西山窑组和头屯河 组孢粉组合及地层意义. 微体古生物学报,24(2):170~193.
- 黄嫔. 2002. 新疆三塘湖盆地塘浅 3 井中侏罗世孢粉组合. 微体古 生物学报, 19(2): 178~192.
- 李素萍,柳永清,旷红伟,彭楠,贾建亮,王涛. 2021. 银额盆地侏 罗纪孢粉植物群的发现及其地层时代意义——以蒙额地1井为 例.地质学报,95(5):1382~1399.
- 刘兆生. 1990. 新疆沙湾县中侏罗世西山窑组孢粉组合. 古生物学 报, 29(1): 63~83+149~152.
- 刘兆生. 1993. 新疆奇台北山煤田侏罗纪孢粉组合. 微体古生物学报, 10(1):13~36+115~120.
- 刘兆生. 2003. 塔里木盆地库车凹陷三叠系和侏罗系孢粉组合(中 国古生物志,总号第190册,新甲种第14号). 北京:科学出版 社:1~244
- 马万云,任江玲,王海静,周妮,王熠. 2015. 玛湖凹陷二叠系烃源 岩地球化学特征. 地质论评, 61(S1):246~247.
- 屈栓柱, 唐宝山, 张海珠, 叶高峰, 刘志龙. 2019. 准噶尔盆地南缘 盆地轮廓和构造属性及页岩气战略选区的重磁电勘探研究. 地 质论评, 65(5): 1288~1298.
- 隋风贵. 2015. 准噶尔盆地西北缘构造演化及其与油气成藏的关系. 地质学报, 89(4): 779~793.
- 孙峰. 1989. 新疆吐鲁番七泉湖煤田早、中侏罗世孢粉组合. 植物学报, 31(8): 638~646+659~660.
- 孙立新,张云,张天福,程银行,李艳峰,马海林,杨才,郭佳成, 鲁超,周晓光. 2017.鄂尔多斯北部侏罗纪延安组、直罗组孢粉 化石及其古气候意义.地学前缘,24(1):32~51.
- 王永栋,江德昕,杨惠秋,孙峰. 1998. 新疆吐鲁番—鄯善地区中侏 罗世孢粉组合. 植物学报,40(10):90~97.
- 杨基端,孙素英. 1982. 新疆准噶尔盆地早、中侏罗世大孢子的发现 及其意义. 地质学报,56(4):373~380+387~388.
- 尹凤娟,侯宏伟. 1999. 陕西彬县地区中侏罗世延安组孢粉植物群 及其意义. 植物学报,41(3):99~103.

- 张望平,李永安. 1990. 新疆拜城阿合组、阳霞组及克孜勒努尔组的 孢粉组合. 新疆地质,8(3):256~271+286~290.
- 赵乐强, 谭沛森, 郭瑞超, 马骥, 宫亚军. 2018. 西部挤压盆地地质 剖面热演化与油气运聚演化模拟——以准噶尔盆地为例. 长江 大学学报(自科版), 15(7): 1~9.
- 赵晓东,杨少春,鞠小玉,陈刚强,许涛.2021. 准噶尔盆地车排子 北部地区沙湾组碳酸盐胶结物差异性分布控制因素.地质论 评,67(3):736~751.
- 朱明, 施辉, 袁波, 冯兴强, 吴林, 唐雪颖, 张浩, 庞志超. 2021. 准 南四棵树凹陷沉积古环境与物源研究——来自侏罗系—下白垩 统元素地球化学的指示. 沉积学报, 1~20. DOI: 10.14027/j. issn. 1000-0550. 2021. 024
- Cai Zhongxian, Chen Fajing, Jia Zhenyuan. 2000&. Types and tectonic evolution of Junggar Basin. Earth Science Frontiers, 7(4): 431 ~ 440.
- Chen Jianping, Wang Xulong, Deng Chunping, Liang Digang, Zhang Yueqian, Zhao Zhe, Ni Yunyan, Zhi Dongming, Yang Haibo, Wang Yutao. 2016&. Oil and gas source, occurrence and petroleum system in the Junggar Basin, Northwest China. Acta Geologica Sinica, 90(3): 421~450.
- Chen Yequan, Wang Weifeng. 2004&. Structural evolution and poolforming in Junggar Basin. Journal of the University of Petroleum, 28 (3): 4~8+136.
- Cheng Changling. 2018&. Re-cognition of the Jurassic source rocks in Sikeshu Sag. Xinjiang Petroleum Geology, 39(1): 119~124.
- Deng Shenghui, Lu Yuanzheng, Zhao Yi, Fan Ru, Wang Yongdong, Yang Xiaoju, Li Xin, Sun Bainian. 2017&. The Jurassic palaeoclimate regionalization and evolution of China. Earth Science Frontiers, 24(1): 106~142.
- Gao Jianxiong. 2021 #. Geochemical characteristics and potential evaluation of Cretaceous – Paleogene source rocks in the southern Margin of Junggar Basin. Geological Review, 67(S1): 219~221.
- Geng Yingying, Liu Zhangyue, He Zhongbo, Huang Shaohua, Guo Qiang, Xu Qiang, Song Jiye. 2020&. Provenance and ore-forming tectonic setting of sandstone-type uranium deposits in the southern margin of Junggar Basin—Insights from U-Pb ages and Hf isotopes of detrital zircons. Geological Review, 66(2): 393~409.
- Huang Pin. 2002&. Middle Jurassic sporopollen assemblages from Tangqian – 3 Well of the Santanghu Basin, Xinjiang. Acta Micropalaeontologica Sinica, 19(2): 178~192.
- Huang Pin, Li Jianguo. 2007&. Sporopollen assemblages form the Xishanyao and Toutunhe Formations at the Honggou section of the Manasi River, Xinjiang and their stratigraphical significance. Acta Micropalaeontologica Sinica, 24(2): 170~193.
- He Zhenjian. 2007&. Sporopollen assemblages and the Triassic-Jurassic boundary at the Sikeshu section of the Junggar Basin, Xinjiang. Journal of Stratigraphy, 31(S2): 513~520.
- Liu Zhaosheng. 1990&. Sporo-pollen assemblage from Middle Jurassic Xishanyao Formation of Shawan, Xinjiang, China. Acta Palaeontologica Sinica, 29(1): 63~83+149~152.
- Liu Zhaosheng. 1993&. Jurassic sporopollen assemblage form the Beishan Coal – field, Qitai, Xinjiang. Acta Micropalaeontologica Sinica, 10(1): 13~36+115~120.
- Liu Zhaosheng. 2003 #. Spore Pollen Assemblages of Triassic and Jurassic in Kuqa Sag, Tarim Basin. Palaeontology of China, 190, New Species A 14. Beijing: Science Press: 1~244.
- Li Suping, Liu Yongqing, Kuang Hongwei, Peng Nan, Jia Jianliang, Wang Tao. 2021&. Palynoflora from the Jurassic of Yingen-Ejin

basin, NW China and its implications for the stratigraphy and geochronology—a case study on MED-1 drill core. Acta Geologica Sinica, 95(5): 1382~1399.

- Qu Shuanzhu, Tang Baoshan, Zhang Haizhu, Ye Gaofeng, Liu Zhilong. 2019 &. Study on the shape and structural properties of the southern margin of Junggar Basin and the potential shale-gas strategic deposit with integrated geophysical methods. Geological Review, 65 (5): 1288 ~ 1298.
- Sun Feng. 1989&. Early and middle Jurassic sporo-pollen assemblages of Qiquanhu coalfield of Turpan, Xinjiang. Acta Botanica Sinica, 31(8): 638~646+659~660.
- Sun Lixin, Zhang Yun, Zhang Tianfu, Cheng Yinhang, Li Yanfeng, Ma Hailin, Yang Cai, Guo Jiacheng, Lu Chao, Zhou Xiaoguang. 2017 & Jurassic sporopollen of Yan' an Formation and Zhiluo Formation in the northeastern Ordos Basin, Inner Mongolia, and its paleoclimatic significance. Earth Science Frontiers, 24(1): 32 ~ 51.
- Sui Fenggui. 2015&. Tectonic evolution and its relationship with hydrocarbon accumulation in the northwest Margin of Junggar Basin. Acta Geologica Sinica, 89(4): 779~793.
- Yang Jiduan, Sun Suying. 1982&. The discovery of early and middle Jurassic megaspores from the Junggar Basin, Xinjiang and their stratigraphic significance. Acta Geologica Sinica, 56(4): 373~380 +387~388.
- Yin Fengjuan, Hou Hongwei. 1999&. Middle Jurassic Sporopollen Assemblage from the Yan ' an Formation in Binxian, Shaanxi

province and its significance. Acta Botanica Sinica, 41(3): 99~103.

- Zhang Wangping, Li Yongan. 1990&. Sporopollen assemblage of the Ahe, Yengisar and Kizilnuer formations in Baicheng county, Xinjiang. Xinjiang Geology, 8(3): 256~271+286~290.
- Zhu Ming, Shi Hui, Yuan Bo, Feng Xingqiang, Wu Lin, Tang Xueying, Zhang Hao, Pang Zhichao. 2021&. Palaeoenvironment and provenance of the Sikeshu Sag in the Junggar Basin: Indications from element geochemical records. Acta Sedimentologica Sinica, 1~ 20.
- Zhao Xiaodong, Yang Shaochun, Ju Xiaoyu, Chen Gangqiang, Xu Tao. 2021&. Differential distribution control factors of carbonate cement from the Neogene Shawan Formation in northern Chepaizi area, Junggar Basin. Geological Review, 67(3): 736~751.
- Zhao Leqiang, Tan Peisen, Guo Ruichao, Ma Ji, Gong Yajun. 2018&. The thermal evolution of geological profile and evolution simulation of hydrocarbon accimulation in the west Extrusion Basin—By taking Juggar Basin for example. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 15(7): 1~9.
- Ma Wanyun, Ren Jiangling, Wang Haijing, Zhou Ni, Wang Yi. 2015#. Geochemical characteristics of Permian source rocks in Mahu Sag. Geological Review, 61(S1): 246~247.
- Wang Yongdong, Jiang Dexin, Yang Huiqiu, Sun Feng. 1998&. Middle Jurassic sporopollen assemblages from Turpan – Shanshan area, Xinjiang. Acta Botanica Sinica, 40(10): 90~97.

Palynological assemblage from the Xishanyao Formation in Sikeshu area, southwestern margin of the Junggar Basin, and its paleoclimate significance

CHI Jianqiang¹⁾, JIN Jun²⁾, XIAO Jinan²⁾, LUO Zhengjiang²⁾, SHI Tianming²⁾,

Aliya²⁾, ZHOU Xiaohu¹⁾, XU Shuaishuai¹⁾, FENG Ting³⁾

1) Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi, 710069;

2) Xinjiang Oilfield Company Experimental Testing Research Institute, Karamay, Xinjiang, 834000;

3) College of Chemistry & Materials Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi, 710069

Objectives: The Sikeshu sag is located in Wusu City, western part of southern margin of Junggar Basin, which contains rich oil, gas and coal resources. The lack of fossil evidence restricts the determination of the geological age of Jurassic strata in Sikeshu sag.

Methods: The sedimentary environment and palynology of the Xishanyao Formation are analyzed, the paleoenvironment is reconstructed, and the vegetation succession and environmental evolution during the Middle Xishanyao period are discussed.

Results: The lithology of the Xishan yao Formation is mainly argillaceous fine sandstone, light grayish green mudstone, siltstone and mudstone. The *Cyathidites minority–Osmundacidite– Cycadopites–Disacciatrileti* (COCD) spore assemblage was established by analyzing the sporopollen fossils. The contents of fern spores and gymnosperms pollen in the combination were roughly equal. The fern spores were mainly *Osmundacidites* of opteraceae, while the podophylla spores also had a certain content. Other common molecules included *Deltoidospora* and *Neoraistrickia*, and the gymnosperms were mainly conifer and cypress pollen. All are common species of Jurassic in China.

Conclusions: Based on the analysis of the palynological flora of the Xishanyao Formation, it is considered that

the palynological assemblage of the Xishanyao Formation belongs to the early Middle Jurassic. The palynological flora of the Xishanyao Formation reflects the characteristics of warm and humid tropical-subtropical climate, and the vegetation type is mainly coniferous and broad-leaved mixed forest.

Keywords: sporopollen assemblage; the Xishan yao Formation; biostratigraphy; Junggar Basin; paleoclimate Acknowledgements: This paper is a scientific research project of Xinjiang Oilfield Company "Research on Lower Cretaceous—Middle Jurassic Strata in Sikeshu Sag" (No. 2020-C4014)

First author: CHI Jianqiang, male, born in 1995, master degree, geological engineering major; Email: 1323675391@ qq. com_o

Corresponding author: ZHOU Xiaohu, male, born in 1974, associate professor, mainly engaged in the division and correlation of sedimentary strata; Email: zhouxiaohu@nwu. edu. cn_{\circ}

Manuscript received on: 2021-06-09; Accepted on: 2021-11-17; Network published on: 2021-12-20

Doi: 10. 16509/j. georeview. 2021. 12. 031

Edited by: LIU Zhiqiang

川南沐川地区上二叠统宣威组底部新发现 Nb—REE—Sc—Ti— Ga—Zr—V 多金属元素超常富集

文俊^{1,2,3)},赵伟¹⁾,竹合林^{1,2)},张航飞^{1,2)},张金元^{1,2)} 1)四川省地质矿产勘查开发局二零七地质队,四川乐山,614000; 2)四川省地质矿产勘查开发局张金元劳模创新工作室,四川乐山,614000; 3)成都理工大学沉积地质研究院,成都,610059



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

近年来,在实施四川省自然资源厅省政府性投资地质勘 查项目的过程中,通过野外实地调查、矿物学、岩相古地理与 岩石地球化学等系统性研究,在川南沐川地区首次发现了宣 威组底部 Nb-REE-Sc-Ti-Ga-Zr-V 多金属元素超常 富集。稀有、稀土在军事、能源、农业以及高精尖仪器等领域 占据着关键地位,国际需求与日俱增,我国"三稀"等战略性 矿产存在明显的急缺性,特别是铌矿高度依赖进口(邓攀等, 2019),随着美国、缅甸和澳大利亚等国的稀土产量猛涨,中 国稀土的国际地位也面临挑战(郑国栋等,2020),因此急需 加大勘查和研究投入,增加资源储备。因此,沐川地区宣威 组底部的 Nb-REE-Sc-Ti-Ga-Zr-V 多金属富集层的 发现对西南地区战略性关键金属找矿和补充完善峨眉山大 火成岩成矿系统具有极其重要的意义。

1 研究方法

主要采用了钻探工程、剖面测量及采样与测试分析等方法,并开展了矿物学、岩相古地理与岩石地球化学等研究,在上二叠统宣威组底部新发现 Nb—REE—Sc—Ti—Ga—Zr—V 多金属元素超常富集。

2 研究结果

研究区 Nb-REE-Sc-Ti-Ga-Zr-V 多金属富集层 产出于宣威组底部,即峨眉山玄武岩与宣威组之间的平行不 整合面之上(图1)。Nb-REE-Sc-Ti-Ga-Zr-V 多金属

富集层的岩性主要有灰白色铝质泥岩、灰白色为主夹紫红色 的杂色铁铝质泥岩、紫红色铁质泥岩、灰色泥岩、深灰色炭质 泥岩。紫红色铁质泥岩:呈紫红色,位于多金属富集层下部, 含铁质较高,具泥状结构,层状构造,不显层理,下部残留较 多未风化完全的灰绿色、墨绿色、褐色玄武岩团块,呈花斑 状,经镜下鉴定矿物成分主要为黏土矿物、褐铁矿,局部见基 本未混杂褐铁矿的团块状、不规则状小区域,具显微鳞片状 结构,见极不明显的变余火山碎屑岩结构,见较多变余基性 喷出岩岩屑。灰白色为主夹紫红色的杂色铁铝质泥岩:主体 呈灰白色,夹杂较多紫红色不规则状斑块,其中灰白色区域 经镜下鉴定其原岩为火山碎屑岩,受风化作用发生强烈黏土 化蚀变,从残余成分推测原岩具凝灰角砾结构,以火山碎屑 为主,另有部分火山尘填隙物。灰白色铝质泥岩:位于多金 属富集层中部,呈灰白色,主要由高岭石等黏土矿物组成,不 显层理,块状构造。灰色泥岩:位于多金属富集层上部,主要 由黏土矿物组成,发育水平层理,薄层状构造。深灰色炭质 泥岩:位于多金属富集层上部,呈深灰色,主要由高岭石等黏 土矿物组成,见断续状水平层理。

据分析测试成果,研究区多金属富集层厚度 5.09~ 15.33 m,平均厚度 10.10 m,铌氧化物(Nb₂O₅)含量 37.0~ 909 µg/g,平均含量 256 µg/g,稀土总量(TREO)0.02%~ 1.55%,平均含量 0.12%,钪(Sc)25.8~37.8 µg/g,平均 31.7

注:本文为四川省自然资源厅 2020 年度省政府性投资地质勘查项目资助的成果。

收稿日期:2021-11-06;改回日期:2021-11-20;网络首发:2021-01-20;责任编辑:章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2022.01.025

作者简介:文俊,男,1990年生,硕士研究生,工程师,主要从事区域地质调查与战略性矿产调查研究;Email: wjun9936@ sina. com。