

文章编号: 1000-0550(2000)01-0080-09

# 塔里木盆地原油孢粉集合<sup>①</sup>

江德昕 杨惠秋

(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

**摘要** 记述了塔里木盆地44个原油样品中发现的孢子花粉化石83属163种;基于原油孢粉集合组成的研究,探讨了塔北、库车、喀什和叶城四个含油区油源岩的时代和层位;并根据孢粉化石的颜色鉴定了油源岩的成熟度。研究表明,研究区石炭系、三叠系和侏罗系油源岩都是成熟的油源岩。此外,还详细介绍了从原油中萃取孢子花粉和藻类化石的方法。

**关键词** 孢子花粉 油源岩 成熟度 萃取法 塔里木盆地

**第一作者简介** 江德昕 女 1933年出生 研究员 孢粉学

**中图分类号** Q913.84 **文献标识码** A

由于油气运移的结果,从原油中分离出的孢子花粉常常不限于原油所储岩层中的孢粉化石,而是不同时代和层位孢粉化石的集合。笔者将同一储油层原油中所汇集的孢子花粉称为该储油层的原油孢粉集合<sup>[1]</sup>。原油孢粉集合是来源于油源岩系、运移途径岩系和储油岩系的孢子花粉在储油层中的随机汇集。与储油层不同时代和层位的孢粉化石在原油中的出现反映了自然界植物微化石随油气运移的过程和结果。因此,通过原油中孢粉化石属种鉴定及其分布的研究,可以追溯油气从源岩至油气藏的运移过程,从而确定油气源岩的时代和层位。塔里木盆地是我国最大的内陆沉积盆地,也是可望找到大型油气田的含油气盆地。为研究塔里木盆地的油源,笔者于1987至1991年先后四次进行野外实地考察和采集原油与供油源对比的岩石样品。样品经实验室处理,发现非常丰富的孢子花粉化石。本文基于原油孢粉集合的研究,探讨了塔北、库车、喀什和叶城四个含油气区油气源岩的时代和层位。

## 1 原油孢粉分离方法

从原油中萃取孢子花粉和藻类等植物显微化石采用恒温过滤分离法<sup>[2,3]</sup>,样品处理程序如下:

**稀释油样:**用工业苯或航空汽油将油样稀释至易于过滤,每个样品需要3~5l原油,用于稀释的溶剂量随油样的粘度而异。如油样含水较多,可用分

液漏斗先将油和水分开,以便分别过滤。

**过滤油样:**将稀释后的油样徐徐倾入与恒温控制器相联接的过滤器中,滤板(或滤纸)孔径为10~15 $\mu$ m;加热至70 $^{\circ}$ C~75 $^{\circ}$ C,在恒温下进行过滤;然后废弃滤液,收集滤渣。

**抽提滤渣:**将滤渣置于索格利特抽提器(Soxxhlet apparatus)内,先后用苯、二甲苯、乙醚、丙酮、氯仿、乙醇-苯、乙醇等有机溶剂进行抽提,以排除油质、蜡质、胶质和沥青质,萃取不溶有机物质。

**酸处理:**将经过抽提的不溶残渣移入离心管内,先用蒸馏水在离心机内离心洗涤;然后分别用10%盐酸和40%氢氟酸进行冷处理,以排除钙质和硅质;最后再用蒸馏水离心洗净。

**重液浮选:**在离心管中注入二倍于残渣的重液(分别用密度为2.0~2.2g/cm<sup>3</sup>和2.2~2.4g/cm<sup>3</sup>的重液),用玻璃棒充分搅拌后置于电动离心机内,以2000转/分转速离心15分钟,使孢子花粉和藻类化石悬浮在重液中。然后将重液移入较大离心管中,以三倍体积的冰醋酸(0.5%)稀释之,充分搅拌后再度置于离心机内,以同样转速离心15分钟,使显微化石集中于离心管底,倾去废液,最后用蒸馏水离心洗净。

**制片:**将以上分离所得材料移入指管内,加入数滴50%甘油和1%石炭酸,充分搅拌后用甘油胶制作孢粉化石玻片,以备显微镜下鉴定和统计。

① “八五”国家重点科技攻关项目(编号:85-101-01-10-7)

收稿日期:1998-03-04 收修改稿日期:1999-01-02

## 2 原油孢粉集合

### 2.1 塔北含油区

#### 2.1.1 奥陶系储油层的原油孢粉集合

雅克拉油田奥陶系储油层原油样品(S-14, SC-2)中找到的孢子花粉构成该储油层的原油孢粉集合。该集合所汇集的孢子花粉主要有:极小三角孢(*Deltoidospora perpusilla*)、澳洲杪椌孢(*Cyathidites australis*)、小杪椌孢(*Cyathidites minor*)、哈氏拟网叶蕨孢(*Dictyophyllidites harrisii*)、弗鲁格波缝孢(*Undulatisporites pflugii*)、微小斑点圆形孢(*Punctatisporites minutus*)、可疑斑点圆形孢(*Punctatisporites ambiguus*)、三叠斑点圆形孢(*Punctatisporites triassicus*)、足迹芦木孢(*Calamospora pedata*)、那氏芦木孢(*Calamospora nathorstii*)、中生弓脊孢(*Retusotriletes meso-oicus*)、暗顶三角粒面孢(*Granulatisporites adnatoides*)、接触面圆形块瘤孢(*Verrucosporites contactus*)、韦尔曼拟紫萁孢(*Osmundacidites wellmanii*)、高山拟紫萁孢(*Osmundacidites alpinus*)、微刺锥刺圆形孢(*Apiculatisporis parvispinosus*)、棘状锥刺圆形孢(*Apiculatisporis spiniger*)、中生三角棒瘤孢(*Conbaculatisporites meso-oicus*)、库氏拟石松孢(*Lycopodioidites kuepperi*)、哈莱因虎纹孢(*Tigrisporites halleinensis*)、卡勒斑马纹孢(*Zebrasporites kahleri*)、圆瘤旋脊孢(*Duplexisporites gyratus*)、大龙口背光孢(*Limatulasporites dalongkouensis*)、小背光孢(*Limatulasporites parvus*)、聂氏隆德布拉孢(*Lundbladisporea neburgii*)、常见斧形孢(*Torispora securis*)、微小斑点单缝孢(*Punctatisporites minutus*)、粗糙合囊蕨孢(*Marattisporites scabratus*)、费氏离层单缝孢(*Ara-trisporites fischeri*)、半盔离层单缝孢(*Ara-trisporites corylisemini*)、披篷离层单缝孢(*Ara-trisporites paenulatus*)、粒纹离层单缝孢(*Ara-trisporites granulatus*)、粗糙离层单缝孢(*Ara-trisporites scabratus*)、薄壁离层单缝孢(*Ara-trisporites strigosus*)、乌拉尔科达粉(*Cordaitina uralensis*)、薄细环囊粉(*Enzonalasporites tenuis*)、三叠二肋粉(*Lueckisporites triassicus*)、透明宽肋粉(*Taeniaesporites pellucidus*)、里克特双束细肋粉(*Striatoabieites richteri*)、典型单脊双囊粉(*Chordasporites singulichorda*)、威尔逊聚囊粉(*Vesicaspora wilsonii*)、舒伯格克劳斯粉(*Klausipollenites*

*schaubergeri*)、松散锥囊粉(*Parcisporites solutus*)、稀少锥囊粉(*Parcisporites rarus*)、稀少小囊粉(*Minutosaccus parcus*)、小囊拟雪松粉(*Cedripites parvisaccus*)、小拟雪松粉(*Cedripites minor*)、整洁拟苏铁粉(*Cycadopites nitidus*)、亚粒拟苏铁粉(*Cycadopites subgranulosus*)等。

上述孢子花粉绝大多数为三叠纪和侏罗纪标志种和常见种,有少数为石炭纪种。例如:微小斑点圆形孢和足迹芦木孢始见于美国伊利诺斯中—上石炭统宾夕法尼亚(Pennsylvanian)群<sup>[4]</sup>;暗顶三角粒面孢始见于德国鲁尔上石炭统威斯特伐利亚(Westphalian)C阶<sup>[5]</sup>;微小斑点单缝孢始见于德国鲁尔上石炭统威斯特伐利亚B阶<sup>[6]</sup>;常见斧形孢始见于英国中石炭统,是欧洲中—上石炭统常见的孢型<sup>[7]</sup>;乌拉尔科达粉始见于前苏联乌拉尔二叠系<sup>[8]</sup>,是哈萨克斯坦石炭—二叠系常见的孢型<sup>[9]</sup>;威尔逊聚囊粉最早发现于美国衣阿华中—上石炭统宾夕法尼亚群<sup>[10]</sup>;可疑斑点圆形孢、微刺锥刺圆形孢、棘状锥刺圆形孢、薄细环囊粉和松散锥囊粉始见于瑞士巴塞尔上三叠统考依波(Keuper)阶<sup>[11]</sup>;中生弓脊孢、高山拟紫萁孢、中生三角棒瘤孢、库氏拟石松孢、哈莱因虎纹孢、卡勒斑马纹孢、费氏离层单缝孢、半盔离层单缝孢、粒纹离层单缝孢、粗糙离层单缝孢和典型单脊双囊粉始见于奥地利上三叠统<sup>[12]</sup>;三叠斑点圆形孢和聂氏隆德布拉孢发现于德国和罗马尼亚下三叠统<sup>[13]</sup>;接触面圆形块瘤孢和三叠二肋粉始见于英国伍斯特郡上三叠统考依波阶<sup>[14]</sup>;薄壁离层单缝孢始见于澳大利亚塔斯马尼亚三叠系<sup>[15]</sup>;稀少锥囊粉和小囊拟雪松粉始见于我国云南富源下三叠统卡以头层<sup>[16]</sup>;大龙口背光孢和小背光孢始见于新疆吉木萨尔大龙口下三叠统韭菜园组和烧房沟组,稀少小囊粉始见于大龙口中三叠统克拉玛依组<sup>[17]</sup>;哈氏拟网叶蕨孢和粗糙合囊蕨孢最早发现于英国约克郡中侏罗统巴柔(Bajocian)阶<sup>[18]</sup>;弗鲁格波缝孢和小拟雪松粉始见于加拿大西部侏罗系<sup>[19]</sup>;亚粒拟苏铁粉发现于英国下侏罗统和上三叠统<sup>[14]</sup>。

#### 2.1.2 三叠系储油层的原油孢粉集合

雅克拉油田三叠系储油层原油样品(S-9, S-36)中找到的孢子花粉构成该储油层的原油孢粉集合。该集合所汇集的孢子花粉主要有:澳洲杪椌孢(*Cyathidites australis*)、小杪椌孢(*Cyathidites minor*)、诺斯拟里白孢(*Gleicheniidites rousei*)、哈氏拟网叶蕨孢(*Dictyophyllidites harrisii*)、三叠斑点圆形

孢 (*Punctatisporites triassicus*)、柔软芦木孢 (*Calamospora tener*)、中生弓脊孢 (*Retusotriletes mesozoicus*)、北方弓脊孢 (*Retusotriletes arcticus*)、韦尔曼拟紫萁孢 (*Osmundacidites wellmanii*)、高山拟紫萁孢 (*Osmundacidites alpinus*)、瑞替拟石松孢 (*Lycopodiacidites rhaeticus*)、粗糙楔环孢 (*Camaronosporites rudis*)、大龙口背光孢 (*Limatulasporites dalongkouensis*)、小背光孢 (*Limatulasporites parvus*)、普氏隆德布拉孢 (*Lundbladispota playfordi*)、聂氏隆德布拉孢 (*Lundbladispota neburgii*)、弱饰隆德布拉孢 (*Lundbladispota subornata*)、褶皱隆德布拉孢 (*Lundbladispota plicata*)、粒纹离层单缝孢 (*Ara-trisporites granulatus*)、粗糙离层单缝孢 (*Ara-trisporites scabratus*)、薄壁离层单缝孢 (*Ara-trisporites strigosus*)、三叠二肋粉 (*Lueckisporites triassicus*)、弗凯二肋粉 (*Lueckisporites virkkiae*)、塔图二肋粉 (*Lueckisporites tattooensis*)、透明宽肋粉 (*Taeniaesporites pellucidus*)、瑞替宽肋粉 (*Taeniaesporites rhaeticus*)、再分宽肋粉 (*Taeniaesporites divisus*)、小体单束多肋粉 (*Protohaploxy-pinus micro-carpus*)、萨氏单束多肋粉 (*Protohaploxy-pinus samoilovichii*)、强壮阿里粉 (*Alisporites robustus*)、小拟雪松粉 (*Cedripites minor*)、华美宽沟粉 (*Chas-matosporites elegans*)、加拿大宽沟粉 (*Chas-matosporites canadensis*)、整洁拟苏铁粉 (*Cycadopi-tes nitidus*)、卡氏拟苏铁粉 (*Cycadopi-tes carpentieri*)等。

上述孢子花粉中,柔软芦木孢和粗糙楔环孢始见于瑞士巴塞尔上三叠统考依波阶<sup>[11]</sup>;北方弓脊孢始见于新疆吉木萨尔大龙口下三叠统烧房沟组和中三叠统克拉玛依组<sup>[17]</sup>;瑞替拟石松孢和瑞替宽肋粉始见于德国上三叠统瑞替(Rhaetian)阶<sup>[20]</sup>;普氏隆德布拉孢始见于澳大利亚西部下三叠统赛特(Scythian)阶<sup>[21]</sup>;弱饰隆德布拉孢始见于云南富源下三叠统卡以头层<sup>[16]</sup>;褶皱隆德布拉孢始见于贵州威宁中三叠统关岭组<sup>[22]</sup>;再分宽肋粉始见于山西交城下三叠统刘家沟组<sup>[23]</sup>;弗凯二肋粉和小体单束多肋粉发现于西欧上二叠统<sup>[24, 25]</sup>,塔图二肋粉和萨氏单束多肋粉始见于加拿大西部二叠—三叠系<sup>[26]</sup>,透明宽肋粉始见于巴基斯坦二叠—三叠系<sup>[27]</sup>,这几种在新疆大龙口三叠系均有发现<sup>[17]</sup>;诺斯拟里白孢和加拿大宽沟粉始见于加拿大西部侏罗系<sup>[19]</sup>;强壮阿里粉和华美宽沟粉始见于瑞典下侏罗统<sup>[28]</sup>;澳洲桫

椋孢、小桫椋孢和韦尔曼拟紫萁孢发现于新西兰和英国侏罗系和下白垩统<sup>[18, 29]</sup>;整洁拟苏铁粉发现于澳大利亚和加拿大三叠系至白垩系<sup>[19]</sup>;三叠斑点圆形孢、中生弓脊孢、高山拟紫萁孢、大龙口背光孢、小背光孢、聂氏隆德布拉孢、粒纹离层单缝孢、粗糙离层单缝孢、薄壁离层单缝孢和三叠二肋粉,如前所述,发现于三叠系;哈氏拟网叶蕨孢和小拟雪松粉,如前所述,发现于侏罗系。

### 2.1.3 侏罗系储油层的原油孢粉集合

雅克拉油田侏罗系储油层原油样品(S-4, S-7)中找到的孢子花粉构成该储油层的原油孢粉集合。该集合所含孢粉化石主要有:澳洲桫椋孢(*Cyathidites australis*)、小桫椋孢(*Cyathidites minor*)、哈氏拟网叶蕨孢(*Dictyophyllidites harrisii*)、弗鲁格波缝孢(*Undulatisporites pflugii*)、三叠斑点圆形孢(*Punctatisporites triassicus*)、侏罗三角粒面孢(*Granulatisporites jurassicus*)、小三角粒面孢(*Granulatisporites minor*)、韦尔曼拟紫萁孢(*Osmundacidites wellmanii*)、聂氏隆德布拉孢(*Lundbladispota neburgii*)、粗糙离层单缝孢(*Ara-trisporites scabratus*)、薄壁离层单缝孢(*Ara-trisporites strigosus*)、澳洲阿里粉(*Alisporites australis*)、小阿里粉(*Alisporites parvus*)、多合拟罗汉松粉(*Podocarpidites multicinus*)、假圆拟云杉粉(*Piceites pseudorotundiformis*)、小拟雪松粉(*Cedripites minor*)、整洁拟苏铁粉(*Cycadopi-tes nitidus*)等。

上述孢粉化石中,澳洲阿里粉和小阿里粉始见于澳大利亚昆士兰中—上三叠统伊普斯威奇(Ipswich)含煤岩组<sup>[30]</sup>;侏罗三角粒面孢始见于加拿大西部侏罗系<sup>[19]</sup>;小三角粒面孢始见于澳大利昆士兰侏罗系瓦隆(Walloon)含煤岩组<sup>[31]</sup>;多合拟罗汉松粉和假圆拟云杉粉发现于前苏联和加拿大侏罗系<sup>[19, 32]</sup>;三叠斑点圆形孢、聂氏隆德布拉孢、粗糙离层单缝孢和薄壁离层单缝孢,如前所述,发现于三叠系,其余均为侏罗纪的标志种和常见种。

## 2.2 库车含油区

### 2.2.1 侏罗系储油层的原油孢粉集合

依奇克里克油田侏罗系储油层原油样品(Y-30, Y-420)中找到的孢粉化石构成该储油层的原油孢粉集合。该集合所含孢粉化石主要有:极小三角孢(*Deltoidospora perpusilla*)、渐变三角孢(*Deltoidospora gradata*)、澳洲桫椋孢(*Cyathidites aus-*

*tralis*)、小桫欏孢(*Cyathidites minor*)、膨胀凹边孢(*Concavisporites toralis*)、哈氏拟网叶蕨孢(*Dictyophyllidites harrisii*)、奇异金毛狗孢(*Cibotium spora paradoxa*)、韦尔曼拟紫萁孢(*Osmundacidites wellmanii*)、多凹拟罗汉松粉(*Podocarpidites multesimus*)、多合拟罗汉松粉(*Podocarpidites multicinus*)、顿罗宾单束松粉(*Abietinaepollenites dunrobinensis*)、小拟雪松粉(*Cedripites minor*)、整洁拟苏铁粉(*Cycadopites nitidus*)、典型拟苏铁粉(*Cycadopites typicus*)、亚粒拟苏铁粉(*Cycadopites subgranulosus*)等。其中,渐变三角孢和奇异金毛狗孢始见于前苏联恩巴中侏罗统<sup>[33]</sup>;多凹拟罗汉松粉和多合拟罗汉松粉始见于前苏联雅库茨克下侏罗统<sup>[32]</sup>;哈氏拟网叶蕨孢和顿罗宾单束松粉始见于英国侏罗系<sup>[18]</sup>;小拟雪松粉始见于加拿大侏罗系<sup>[19]</sup>;膨胀凹边孢发现于瑞士和瑞典上三叠统瑞替阶和下侏罗统里阿斯(Lias)阶<sup>[11,28]</sup>;其余都是侏罗系的常见种。

### 2.2.2 白垩系储油层的原油孢粉集合

依奇克里克油田白垩系储油层原油样品(Y-61)中找到的孢粉化石构成该储油层的原油孢粉集合。该集合主要有:小桫欏孢(*Cyathidites minor*)、哈氏拟网叶蕨孢(*Dictyophyllidites harrisii*)、三角膜叶蕨孢(*Hymenophyllum sporites deltooides*)、奇异金毛狗孢(*Cibotium spora paradoxa*)、韦尔曼拟紫萁孢(*Osmundacidites wellmanii*)、多合拟罗汉松粉(*Podocarpidites multicinus*)、小囊单束松粉(*Abietinaepollenites microalatus*)、微小单束松粉(*Abietinaepollenites minimus*)、白垩拟雪松粉(*Cedripites cretaceus*)、小拟雪松粉(*Cedripites minor*)、整洁拟苏铁粉(*Cycadopites nitidus*)、典型拟苏铁粉(*Cycadopites typicus*)等。其中,三角膜叶蕨孢和白垩拟雪松粉发现于加拿大白垩系<sup>[34]</sup>;小囊单束松粉和微小单束松粉始见于英国下白垩统<sup>[18]</sup>;其余成分都是侏罗纪的标志种和常见种。

### 2.3 喀什含油区

克拉托油田上第三系储油层原油样品(K-1, K-2)中找到的孢子花粉构成该储油层的原油孢粉集合。该集合所汇集的孢粉化石主要有:条痕三角孢(*Deltoidospora lineata*)、澳洲桫欏孢(*Cyathidites australis*)、小桫欏孢(*Cyathidites minor*)、诺斯拟里白孢(*Gleicheniidites rousei*)、哈氏拟网叶蕨孢(*Dictyophyllidites harrisii*)、奇异金毛狗孢(*Cibotium*

*spora paradoxa*)、较大托第蕨孢(*Todisporites major*)、较小三角粒面孢(*Granulatisporites minor*)、较大莱蕨孢(*Leptolepidites major*)、变化克鲁克蕨孢(*Klukisporites variegatus*)、侏罗窄角凹环孢(*Murospora jurassica*)、较小窄角凹环孢(*Murospora minor*)、无囊古松柏粉(*Paleoconiferus asaccatus*)、侏罗拟开通粉(*Vitreisporites jurassicus*)、肖氏拟开通粉(*Vitreisporites shouldicei*)、詹森拟开通粉(*Vitreisporites jansonii*)、弗氏拟罗汉松粉(*Podocarpidites florinii*)、兰氏拟罗汉松粉(*Podocarpidites langii*)、多合拟罗汉松粉(*Podocarpidites multicinus*)、多凹拟罗汉松粉(*Podocarpidites multesimus*)、有边四字粉(*Quadraeculina limbata*)、斯岛原始松粉(*Protopinus scanicus*)、纤细原始云杉粉(*Protopicea exilioides*)、暴露拟云杉粉(*Piceites expositus*)、隐藏拟云杉粉(*Piceites latens*)、双束松粉(*Pinuspollenites labdacus*)、具囊云杉粉(*Piceapollenites alatus*)、小拟雪松粉(*Cedripites minor*)、较大宽沟粉(*Chasmatosporites major*)、华美宽沟粉(*Chasmatosporites elegans*)、较小宽沟粉(*Chasmatosporites minor*)、加拿大宽沟粉(*Chasmatosporites canadensis*)、亚粒拟苏铁粉(*Cycadopites subgranulosus*)、第三纪麻黄粉(*Ephedripites tertarius*)、卡莱尔脑形粉(*Cerebropollenites carlylensis*)、多孔藜粉(*Chenopodiipollis multiplex*)、鞍形蒿粉(*Artemisiaepollenites sellularis*)等。

上述孢子花粉中,除了双束松粉、具囊云杉粉、第三纪麻黄粉、多孔藜粉和鞍形蒿粉分布于第三系外,其余都是侏罗纪的标志种和常见种。其中,哈氏拟网叶蕨孢、较大托第蕨孢、较大莱蕨孢和变化克鲁克蕨孢始见于英国中侏罗统<sup>[18]</sup>;诺斯拟里白孢、侏罗窄角凹环孢、较小窄角凹环孢、侏罗拟开通粉、肖氏拟开通粉、詹森拟开通粉、弗氏拟罗汉松粉、兰氏拟罗汉松粉、小拟雪松粉、卡莱尔脑形粉和加拿大宽沟粉始见于加拿大侏罗系<sup>[19]</sup>;条痕三角孢、无囊古松柏粉、多合拟罗汉松粉、多凹拟罗汉松粉、纤细原始云杉粉和暴露拟云杉粉始见于前苏联侏罗系<sup>[32]</sup>;较大宽沟粉、华美宽沟粉和斯岛原始松粉始见于瑞典下侏罗统<sup>[28]</sup>。

### 2.4 叶城含油区

柯克亚油田上第三系储油层原油样品(K-6, K-10)中找到的孢子花粉构成该储油层的原油孢粉集合。该集合所含孢粉化石主要有:澳洲桫欏孢

(*Cyathidites australis*)、小桫欏孢(*Cyathidites minor*)、诺斯拟里白孢(*Gleicheniidites rousei*)、哈氏拟网叶蕨孢(*Dictyophyllidites harrisii*)、奇异金毛狗孢(*Cibotiumspora paradoxa*)、瘤面莱蕨孢(*Leptolepidites verrucatus*)、较大莱蕨孢(*Leptolepidites major*)、较小窄角凹环孢(*Murospora minor*)、无囊古松柏粉(*Paleoconiferus asaccatus*)、罗布辛蝶囊粉(*Platysaccus lopsinensis*)、较大拟罗汉松粉(*Podocarpidites major*)、多合拟罗汉松粉(*Podocarpidites multicusus*)、多凹拟罗汉松粉(*Podocarpidites multesimus*)、瓦佩尔拟罗汉松粉(*Podocarpidites wapellensis*)、有边四字粉(*Quadraeculina limbata*)、纤细原始云杉粉(*Protopicea exilioides*)、暴露拟云杉粉(*Piceites expositus*)、双束松粉(*Pinuspollenites labdacus*)、具囊云杉粉(*Piceapollenites alatus*)、小拟雪松粉(*Cedripites minor*)、较大宽沟粉(*Chasmatosporites major*)、华美宽沟粉(*Chasmatosporites elegans*)、整洁拟苏铁粉(*Cycadopites nitidus*)、亚粒拟苏铁粉(*Cycadopites subgranulosus*)、第三纪麻黄粉(*Ephedripites tertiaris*)、多孔藜粉(*Chenopodipollis multiplex*)、鞍形蒿粉(*Artemisiaepollenites sellularis*)等。

以上孢粉化石与喀什含油区上第三系储油层原油孢粉集合的主要成分基本一致,除双束松粉等第三纪花粉外,其余均为侏罗纪标志种和常见种。其中,瘤面莱蕨孢和较大拟罗汉松粉始见于新西兰侏罗系<sup>[29]</sup>;罗布辛蝶囊粉和瓦佩尔拟罗汉松粉发现于加拿大侏罗系<sup>[19]</sup>。

## 3 油源岩判识

### 3.1 塔北含油区

本区三个原油孢粉集合反映了新生古储、自生自储和古生新储三种油藏类型,其组成都说明三叠系和侏罗系对本区油源有重要贡献。奥陶系储油层原油孢粉集合汇集了石炭纪、三叠纪和侏罗纪的孢粉化石。其中,微小斑点圆形孢、足迹芦木孢、微小斑点单缝孢、常见斧形孢、威尔逊聚囊粉等石炭纪孢型均见于本区石炭纪地层,可能反映石炭系油源岩;三叠斑点圆形孢、可疑斑点圆形孢、中生弓脊孢、接触面圆形块瘤孢、棘状锥刺圆形孢、库氏拟石松孢、哈莱因虎纹孢、卡勒斑马纹孢、大龙口背光孢、小背光孢、聂氏隆德拉抱孢、费氏离层单缝孢、半盔离层单缝孢、粒纹离层单缝孢、粗糙离层单缝孢、薄壁离

层单缝孢、三叠二肋粉等三叠纪标志种均见于本区三叠纪地层,可以指示三叠系油源岩;哈氏拟网叶蕨孢、弗鲁格波缝孢、粗糙合囊蕨孢、小拟雪松粉等侏罗纪标志种均见于本区侏罗纪地层,可以指示侏罗系油源岩。三叠系和侏罗系储油层原油孢粉集合所汇集的众多三叠纪和侏罗纪孢子花粉均见于本区三叠系和侏罗系暗色泥岩,除部分化石来自储油层外,大都来自油源岩,可以指示三叠系和侏罗系油源岩。根据原油孢粉集合研究结果,本区存在石炭系、三叠系和侏罗系油源,其中三叠系贡献最大,中三叠统克拉玛依组 and 上三叠统黄山街组及塔里奇克组与下侏罗统阿合组及阳霞组和中侏罗统克孜勒努尔组及恰克马克组均为良好油源岩系。

### 3.2 库车含油区

本区两个原油孢粉集合反映了自生自储和古生新储两种油藏类型,其组成都说明侏罗系为本区油源岩系。侏罗系储油层原油孢粉集合仅含侏罗纪标志种和常见种,如渐变三角孢、澳洲桫欏孢、小桫欏孢、膨胀凹边孢、哈氏拟网叶蕨孢、奇异金毛狗孢、多合拟罗汉松粉、多凹拟罗汉松粉、顿罗宾单束松粉、小拟雪松粉等,这些侏罗纪孢粉化石均见于本区下侏罗统阿合组及阳霞组和中侏罗统克孜勒努尔组及恰克马克组,除少数来自储油层外,大都来自油源岩。白垩系储油层原油孢粉集合中,三角膜叶蕨孢、微小单束松粉、白垩拟雪松粉等白垩纪孢粉反映储油层,哈氏拟网叶蕨孢、奇异金毛狗孢、多合拟罗汉松粉和小拟雪松粉等侏罗纪标志种可以指示油源岩。根据原油孢粉集合研究结果,下侏罗统阿合组及阳霞组和中侏罗统克孜勒努尔组及恰克马克组应是本区的油源岩系。

### 3.3 喀什和叶城含油区

喀什和叶城两个含油区的储油层均为上第三系,两个原油孢粉集合的特征也一致,均为第三纪花粉和侏罗纪孢子花粉的集合,反映古生新储油藏。该两原油孢粉集合中的双束松粉、具囊云杉粉、第三纪麻黄粉、多孔藜粉、鞍形蒿粉等均见于本区新第三纪沉积,反映储油层的层位;集合中的条痕三角孢、诺斯拟里白孢、哈氏拟网叶蕨孢、奇异金毛狗孢、瘤面莱蕨孢、较大莱蕨孢、变化克鲁克蕨孢、侏罗窄角凹环孢、较小窄角凹环孢、侏罗拟开通粉、罗布辛蝶囊粉、弗氏拟罗汉松粉、多合拟罗汉松粉、小拟雪松粉、华美宽沟粉等侏罗纪标志种和澳洲桫欏孢、小桫欏孢、韦尔曼拟紫萁孢、有边四字粉等侏罗纪常见种

均见于本区早—中侏罗世沉积, 可以指示油源岩。根据原油孢粉集合研究结果, 下侏罗统康苏组和中侏罗统杨叶组及塔尔尕组应是本区的油源岩系。

#### 4 油源岩成熟度

孢子花粉化石的颜色被认为是油源岩成熟度的一种指标。现代植物孢子花粉的外壁为淡黄色或无色。化石孢子花粉外壁的颜色随着古地温递增, 由黄色—橙色—棕色—褐色依次递变, 最终变为黑色。孢粉外壁因受热程度不同引起的颜色变化反映着沉积岩中分散有机质热解作用的过程和结果。孢粉外壁呈黄色反映有机质未成熟, 镜质体反射率  $R_o < 0.5\%$ , 古地温低于  $50^\circ\text{C}$ ; 橙色表明有机质低成熟,  $R_o = 0.5\% \sim 0.7\%$ , 低熟油形成; 棕色反映有机质成熟,  $R_o = 0.7\% \sim 1.3\%$ , 液体石油形成; 褐色反映有机质高成熟,  $R_o = 1.3\% \sim 2.0\%$ , 凝析油和湿气形成; 黑色指示有机质过成熟,  $R_o = 2.0\% \sim 2.5\%$ , 古地温高于  $150^\circ\text{C}$ , 干气形成<sup>[35]</sup>。因此, 孢子花粉化石颜色可作为油源岩热成熟度的可靠指标。

塔里木盆地原油中指示油源岩的石炭纪、三叠纪和侏罗纪孢子花粉化石的颜色为棕色—棕褐色。例如: 足迹芦木孢、暗顶三角粒面孢、微小斑点单缝孢等石炭纪孢子呈棕色或棕褐色; 柔软芦木孢、瑞替拟石松孢、接触面圆形块瘤孢、半盔离层单缝孢、粒纹离层单缝孢、粗糙离层单缝孢等三叠纪孢子均呈棕色; 哈氏拟网叶蕨孢、诺斯拟里白孢、弗鲁格波缝孢等侏罗纪孢子也呈棕色。根据 Traverse 成熟度色标<sup>[35]</sup>对照结果, 基于孢粉化石颜色和镜质体反射率的热变指数  $\text{TAI} = 2.5 \sim 3.4$ , 属于液体石油形成的有机质热成熟度相区。这说明原油中孢粉化石所指示的石炭系、三叠系和侏罗系油源岩都具有形成液体石油的成熟度, 都是成熟的油源岩。

中国石油天然气总公司塔里木勘探开发指挥部总地质师梁狄刚、地质矿产部西北石油地质局高级工程师何卓生和董凯林在野外考察和采样工作中给予大力协助, 美国弗吉尼亚州立诺福克大学电脑系讲师魏江(Jiang Wei)提供因特网上信息, 中国科学院兰州地质研究所实验师杜金娥和来常玉分析样品, 笔者谨致深切谢忱。

#### 参 考 文 献

1 江德昕, 杨惠秋. 甘肃玉门油区原油孢粉集合与油源岩[J]. 植物学报, 1980, 22(3): 280~285

2 江德昕, 杨惠秋, 杜金娥. 原油孢粉分析的意义及其分离方法[J]. 植物学杂志, 1974, 1(1): 31~32

3 Jiang De-xin. Spores and pollen in oils as indicators of lacustrine source rocks[C]. Geol Soc Spec Publ. 1988, 40: 159~169

4 Kosanke R M. Pennsylvanian spores of Illinois and their use in correlation[J]. Illinois Geol Surv Bull. 1950, 74: 1~128

5 Potoně R, Kremp G. Die Spores dispersae des Ruhrkarbons. Teil I [J]. Palaeontographica, B 1955, 98: 1~136

6 Potoně R, Kremp G. Die Spores dispersae des Ruhrkarbons. Teil II [J]. Palaeontographica, B, 1956, 99: 85~191

7 Balme B E. On some spore specimens from British Upper Carboniferous coals[J]. Geol Mag. 1952, 89: 175~184

8 Samoilovich S R. Pollen and spores from the Permian deposits of the Cherdyn and Aktyubinsk areas, Cis Urals[J]. Trudy VNIGRI N S. 1953, 75: 5~57

9 Luber A A. Atlas of spores and pollen grains of the Paleozoic deposits of Kazakhstan[A]. Izd Acad Nauk Kazakh S S R, Alma-Ata 1995. 1~125

10 Schemel M P. Small spores of the Mystic coal of Iowa[J]. Amer Midl Natu. 1951, 46: 743~750

11 Leschik G. Die Keuper Flora von Neuwelt bei Basel. II. Die Isound Mikrosporen[J]. Schweiz Palaeont. 1955, 72: 1~70

12 Klaus W. Sporen der Kamischen Stufe der ostalpinen Trias[J]. Jahrb Geol Bundesanst (Austria) Sonderber. 1960, 5: 107~184

13 Venkatachala B S, Beju D, Kar R K. Palynological evidence on the presence of Lower Triassic in the Danubian (Moesian) Platform, Rumania[J]. Palaeobotanist, 1968, 16: 29~37

14 Clarke R F A. Keuper miospores from Worcestershire, England [J]. Palaeontology, 1965, 8(2): 294~321

15 Playford G. Plant microfossils from Triassic sediments near Poatina, Tasmania[J]. J Geol Soc Austr. 1965, 12: 173~210

16 欧阳舒, 李再平. 云南富源卡以头层微体植物群及其地层和古植物学意义[A]. 见: 黔西滇东晚二叠世含煤地层和古生物群[C]. 中国科学院南京地质古生物研究所编. 北京: 科学出版社, 1980, 123~194

17 中国地质科学院地质研究所, 新疆地矿局地质科学研究所. 新疆吉木萨尔大龙口二叠—三叠纪地层及古生物群[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 70~173

18 Couper R A. British Mesozoic microspores and pollen grains. A systematic and stratigraphic study [J]. Palaeontographica, B, 1958, 103: 75~179

19 Pocock S A J. Palynology of the Jurassic sediments of western Canada[J]. Palaeontographica, B, 1970, 130: 12~136

20 Schulz E. Sporenpaläontologische untersuchungen rotliassischer Schichten im Zentraltteil des Germanischen Beckens[J]. Palaont. B, 1967, 2(3): 541~633

21 Balme B E. Plant microfossils from the Lower Triassic of western Australia[J]. Palaeontology, 1963, 6: 12~40.

22 地质矿产部成都地质矿产研究所. 西南地区古生物图册微体古生物分册[M]. 北京: 地质出版社, 1983, 520~791

23 曲立范. 山西交城刘家沟组孢粉组合[A]. 中国地质科学院地质

- 研究所所刊, 1982, 4: 83~93
- 24 Potonié R, Klaus W. Einige Sporengattungen des alpinen Salzgebirges[J]. Geol Jahrb, 1954, 68: 517~546
- 25 Clarke R F A. British Permian saccate and monosulcate miospores [J]. Palaeontology, 1965, 8(2): 322~354
- 26 Jansonius J. Palynology of Permian and Triassic sediments. Peace River area, western Canada[J]. Palaeontographica, B, 1962, 110: 35~98
- 27 Balme B E. Palynology of Permian and Triassic strata in the Salt Range and Surghar Range, West Pakistan[ A]. In: Kurnmel B Teichert C, eds. Stratigraphic and Boundary Problems; Permian and Triassic of West Pakistan[ C]. Univ Press Kansas, 1970, 305~474
- 28 Nilsson T. über das Vorkommen eines mesozoischen Sapropelgesteins in Schonen[J]. Publ Inst Miner Palaeontol Geol Univ Lund Sweden, 1958, 54: 1~112
- 29 Couper R A. Upper Mesozoic and Cainozoic spores and pollen grains from New Zealand[J]. N Z Geol Surv Pal Bull, 1953, 22: 1~77
- 30 Jersey N J de. Triassic spores and pollen grains from the Ipswich coalfield[J]. Queensl Geol Surv Publ, 1962, 307: 1~18
- 31 Jersey N J de. Jurassic spores and pollen grains from the Rosewood coalfield[J]. Queensl Govern Mining Jour, 1959, 60: 346~366
- 32 Bolchovitina N A. Atlas of spores and pollen from Jurassic and Lower Cretaceous deposits of the Vilyui Depression[J]. Trans Geol Inst Acad Sci USSR, 1956, 2: 1~188
- 33 Maljavkina V S. Identification of spores and pollen of the Jurassic and Cretaceous[J]. Trudy VNIGRI N S, 1949, 33: 1~138
- 34 Pocock S A J. Microfloral analysis and age determination of strata at the Jurassic Cretaceous boundary in the western Canada Plains [J]. Palaeontographica, B, 1962, 111: 1~95
- 35 Traverse A. Paleopalynology[M]. London: Unwin Hyman, 1988, 1~600.

## Petroleum Sporo-Pollen Assemblages of Tarim Basin

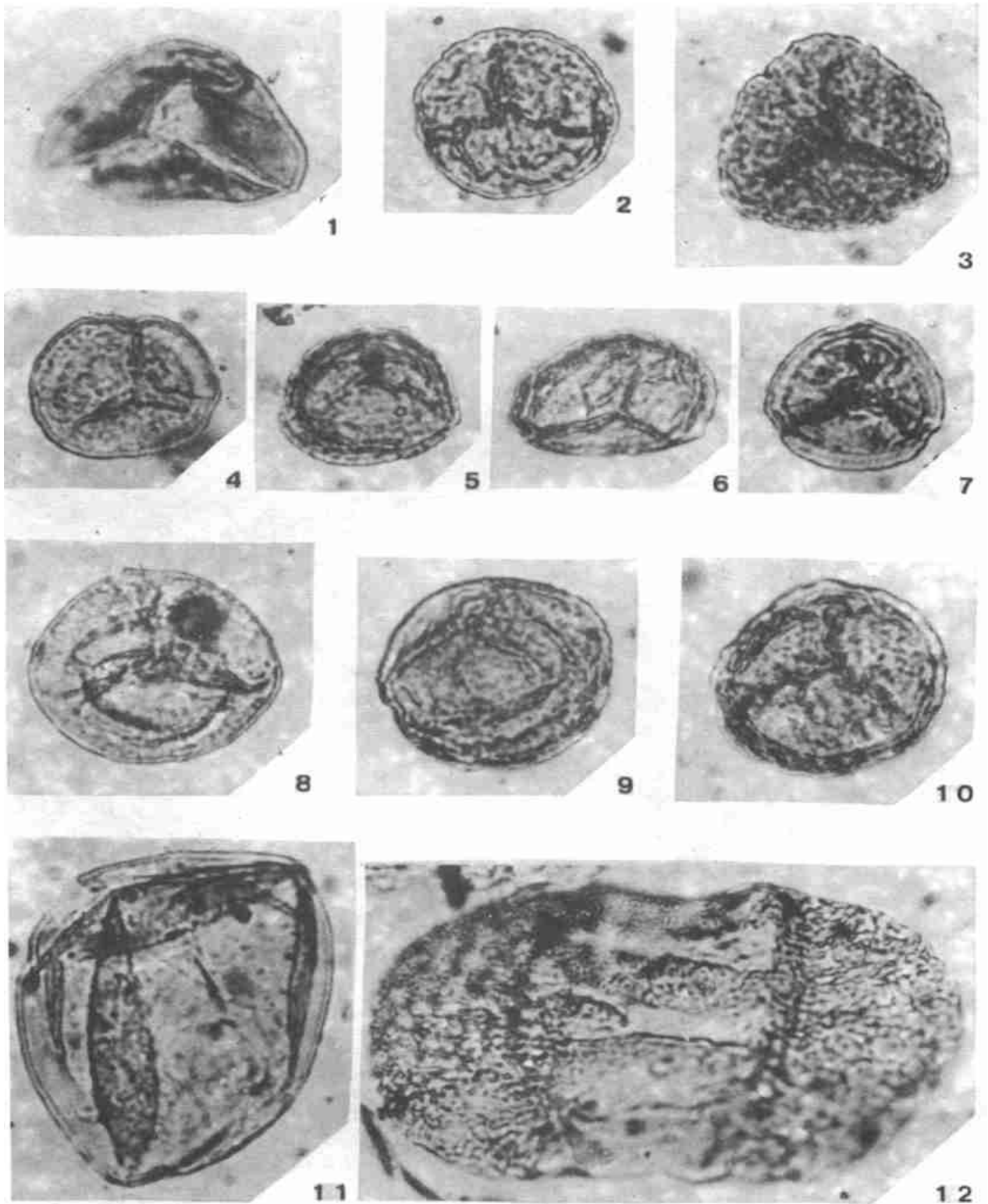
JIANG De-xin    YANG Hui-qiu

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences Lanzhou 730000)

### Abstract

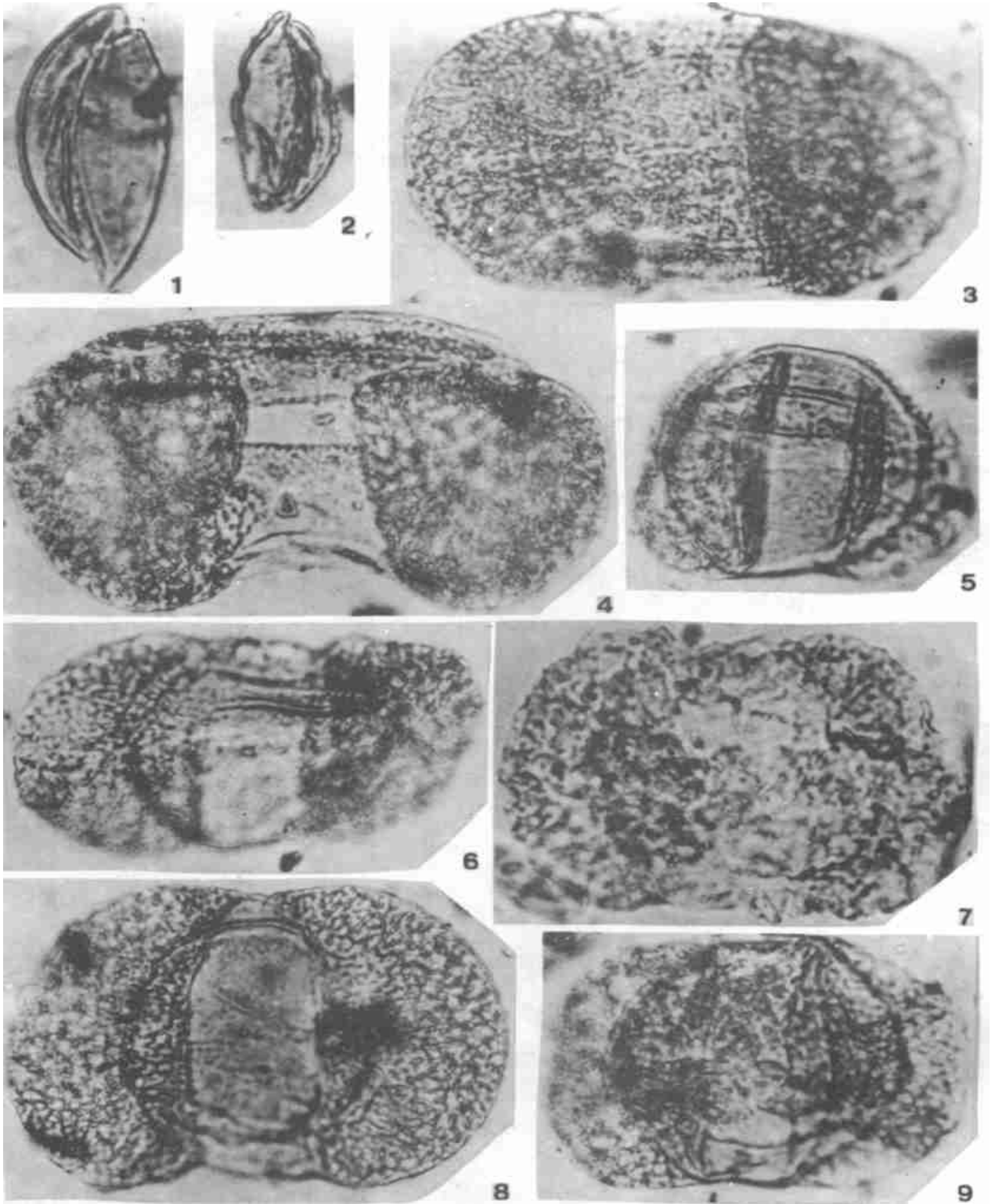
One hundred sixty-three species of fossil spores and pollen referred to 83 genera extracted from 44 crude oil samples collected from the Tarim Basin were recorded. Based on the investigations of the characteristics of the petroleum sporo-pollen assemblages, the geological ages and formations of the petroleum source rocks of the North Tarim, Kuqa, Kashi, and Yecheng petroliferous regions were discussed. According to the colors of spore and pollen fossils, the organic thermal maturity of the petroleum source rocks of the mentioned petroliferous regions was identified. The results of this study indicate that the Carboniferous, the Triassic, and the Jurassic petroleum source rocks all belong to mature phase of liquid petroleum generation. In addition, the method used to extract fossil spores, pollen, and algae from crude oils was introduced in detail in this paper.

**Key words** spore and pollen    petroleum source rock    organic thermal maturity    method of extraction  
tarim basin



图版 I 说明(全部图影× 800) 1. 小拟杪栉孢 *Cyathidites minor* Couper(S9-34); 2. 中生弓脊孢 *Retusotriketes meszoicus* Klaus(S9-32); 3. 瑞替拟石松孢(*Lycopod iacidites rhaeticus* Schulz(S9-21)); 4. 大龙口背光孢 *Limatulasporites dalongkouensis* Qu et Wang(S9-22); 5. 弱饰隆德布拉孢 *Lundbladispora subornata* Quyang et Li(S9-20); 6. 褶皱隆德布拉孢 *Lundbladispora plicata* Bai(S9-28); 7. 粗糙楔环孢 *Camarozonosporites rudis* (Leschik)Klaus(S9-2); 8. 普氏隆德布拉孢 *lundblad ispora playfordi* Balme(S9-6); 9. 聂氏隆德布拉孢(相似种) *Lundblad ispora* c.f. *nejburgii* Schulz(S9-15); 10. 聂氏隆德布拉孢 *Lundblad ispora nejburgii* Schulz(S9-17); 11. 柔软芦木孢 *Calamospora tener* (Leschik)Madler(S9-7); 12. 透明宽肋粉 *Taeniaespor itss pellucidus* (Goubin) Balme(S9-9)。





图版 II 说明(全部图影×800) 1. 卡氏拟苏铁粉 *Cycadopites carpentieri* (Del. et Spr) Singh (S9-5); 2. 薄壁离层单缝孢 *Aratriporites strigosus* Playford (S9-2); 3. 萨氏单束多肋粉 *Protohaploxypinus oilovichiit* (Jans.) Hart (S9-36); 4. 弗凯二肋粉 *Luechisporites virrhias* Potonie et Klaus (S9-11); 5. 塔图二肋粉 *Luechisporites tattoensis* Jansonius (S9-27); 6. 萨氏单束多肋粉(相似种) *protohaploxy pinus* cf. *samoilovichii* (Jans.) Hart (S9-26); 7. 瑞替宽肋粉 *Taeniaesporites haeticus* Schulz (S9-26); 8. 小体单束多肋粉 *Protohaploxy pinus microcarpus* (Schaar) Clarke (S9-8); 9. 再分宽肋粉 *Taeniaesporites divisus* Qu (S9-29)。