

文章编号:0253-9985(2010)06-0699-08

中国古生代海相油气资源潜力巨大

康玉柱

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:自1984年塔里木盆地沙参2井实现我国古生代海相油气首次重大突破以来,中国不但甩掉了古生代海相无油的帽子,而且相继在塔里木、鄂尔多斯、四川、准噶尔等盆地发现几十个油气田,建立了中国古生代海相成油理论和相应的油气勘探技术系列。通过全国古生界油气资源前景研究,在东北、南华北、柴达木-河西走廊、青藏等地区发现未变质的古生界烃源岩,进一步证明我国古生界油气资源潜力巨大。

关键词:盆地;烃源岩;油气资源;古生界;中国

中图分类号:TE132.1 **文献标识码:**A

Great hydrocarbon potential in the Paleozoic marine sequences in China

Kang Yuzhu

(SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: In 1984, China made a breakthrough in petroleum exploration in the Paleozoic marine sequences with the discovery of the Shacan-2 well in Tarim Basin. Since then China has not only left behind the wrong idea that there is no hydrocarbon in the Paleozoic marine sequences in China, but also found tens of oil and gas fields in Tarim Basin, Sichuan Basin, Ordos Basin and Junggar Basin. Theories on hydrocarbon generation and accumulation in the Paleozoic marine sequences in China have been brought forward and corresponding exploration techniques have been developed. According to the study of resource potential in the Paleozoic in China, the Paleozoic source rocks, which have not experienced metamorphism, occur in Northeast China, southern North China, Qaidam Basin, the Hexi corridor and the Qinghai-Tibet area, further proving the great hydrocarbon potential in the Paleozoic marine sequences in China.

Key words: basin, source rock, hydrocarbon resource, Paleozoic, China

1 油气勘探的重大进展

1.1 甩掉了中国古生界海相无油的帽子

几十年来,我国古生代海相成油,一直是国内外专家、学者十分关注的大问题。1922年,美国斯坦福大学某教授在一篇题为《中国和西伯利亚的石油资源》的论文中再次强调,“中国缺石油归于三个地质条件:中、新生代没有海相沉积;古生代大部分地层不能生成石油;除西部和西北部某些

地区外,几乎所有地质时代的岩石遭受强烈的褶皱、断裂、并受到火成岩不同程度的侵入,中国更无海相石油”。

1969年,著名地质学家李四光提出:“现在有一个问题,我想提出来与同志们研究一下,我们现在找出来的油田都是中、新生代的,难道我们的古生代就没有油吗?美国有一半的大油田在古生代,苏联的第二巴库也是泥盆系,非洲的阿尔及利亚、利比亚也是古生代的。”^[1,2]

中国古生代海相到底有没有石油?海相石油在哪里?这是石油地质学家和石油勘探家必

须回答的重大问题。我们的回答是:中国古生界海相不但有石油,而且含有丰富的石油和天然气^[1,2]。

1970年5月初,我们带着李四光教授的指示与期望,来到塔里木盆地进行油气前景评价,首次提出石炭-二叠系是塔里木盆地重要的生、储油岩系;1978年,又提出寒武-奥陶系是该盆地重要的生、储油岩系,并于1984年在塔北沙雅隆起雅克拉构造上部署了沙参2井。该井于1984年9月22日钻到5391.18m深的奥陶系白云岩时,发现强烈井喷,喜获高产油气流,日产油1000m³、天然气200×10⁴m³,实现了我国古生代海相油气的首次重大突破,成为我国油气勘探史上重要的里程碑,亦拉开了塔里木油气勘探大会战的序幕。之后,又发现多个古生界油气田,从而甩掉了中国古生代海相无油的帽子!

1.2 海相油气勘探成果卓著

自1984年以来,我国在古生代海相共发现几十个油气田,其中大型油气田14个,如塔里木盆地的塔河油田、塔中油气田、和田河气田、轮南油气田、哈德油田、鄂尔多斯盆地的静边气田、苏里格气田、榆林气田、乌审旗气田、大牛地气田、米气田等,四川盆地的普光气田、五百梯气田、威远气田、龙岗气田以及准噶尔盆地的克拉美丽火山岩气田。另外,在东北、华北、苏北还发现一批CO₂气田。

1992年,我国古生代海相成油理论首次建立。这些年来的勘探实践和研究,进一步丰富了我国古生代海相成油理论,建立和完善了勘探技术系列。

2 我国古生代油气资源潜力巨大

2.1 古生代油气资源前景展望

我国经过三次油气资源评价,全国石油资源总量达1086×10⁸t,天然气56×10¹²m³(其中,古生界油气资源量为385×10⁸t油当量)。这一资源量只是现阶段研究程度和油气勘探程度相对较低的情况下计算的结果,对当前的油气勘探工作起到了重要的指导作用。但从战略上讲,它不能代表我国实际的油气资源状况。

从我国三次油气资源评价情况看,由于油气勘探工作的不断深入,有的盆地油气资源量一次高于一次。如塔里木盆地古生代油气资源量第一次1990年为60×10⁸t油当量,第二次1995年为120×10⁸t油当量,第三次2005年为150×10⁸t油当量。四川盆地、鄂尔多斯盆地等也有相似的进展,表明我国古生代油气资源十分丰富。

塔里木盆地沙雅隆起(塔北隆起)1990年之前油气资源量为10×10⁸t油当量;在塔河大油田发现后,油气资源量飙升为38×10⁸~40×10⁸t。近年的勘探成果表明,草湖凹陷以西古生界连片含油气,目前在该隆起探明油气储量约为14×10⁸t油当量。笔者预测,沙雅隆起可能形成特大型(大庆式)油气田。另外,库车坳陷1985年油气资源量为10×10⁸t油当量;在克拉2等大气田发现后,该坳陷油气资源量改写为30×10⁸t油当量。

综上所述,我国古生代油气资源量可能是现在385×10⁸t油当量的两倍。

2.2 古生界海相油气勘探潜力巨大

自1984年塔里木盆地沙参2井实现古生界海相油气首次重大突破后,在国内出现连锁反应,发现13个大型油气田^[3]。但这仅是刚刚起步。据目前阶段性油气资源评价结果,我国古生界油气资源量为385×10⁸t油当量,其资源转化率仅10%左右;况且,尚有广大地区对古生界基本上未开展勘探工作。由此认为,古生界海相油气勘探是今后我国主要的勘探领域之一,也是众多大油气田发现的主要领域。

近几年来,国土资源部、各大油公司及高等院校开展了全国油气战略选区评价研究,取得了一批重大的研究成果,对一些新区、新领域古生界油气地质条件获得了创新性认识,为我国古生界油气资源评价提供了基础资料,如东北地区的石炭-二叠系、西北、华北、青藏地区的古生界、中国南方的古生界以及我国海域的中-古生界等等。上述地区的古生界发育有较好的烃源岩,油气资源量还未来得及进行全面、系统的评价。

2.2.1 东北地区

东北地区古生界为一套裂陷-克拉通盆地沉积。古生界分布广泛,没有区域性变质,烃源岩发育。通过地质调查,确定在东北地区东部的磐石、

种不同类型的烃类运移古踪迹。一类为固体沥青,多见于层理面、裂隙和缝合线中,并以其第三、第四岩性段交界处之上的20 cm砂灰岩沥青储量最为丰富,储集空间全为炭沥青充填,表面呈褐色,岩石坚硬,风化后似“褐铁矿”层。另一类为烃类运移后留下来的“浸染状”踪迹,烃类在岩石中运移时还原岩石中的泥质物,使岩石发黑灰色,一般中部较黑,向四周逐渐变淡,是轻质原油运移的古痕迹,这类痕迹大多出现在砾屑灰岩、砂屑灰岩及黑色页岩层的周围,呈脉状、团块状和斑块状分布。

南华北地区下寒武统马店组泥岩具有生烃潜力。该区下寒武统马店组泥岩的有机碳含量分布在0.28%~13.46%、平均值达到3.46%,氯仿沥青“A”含量分布范围为 $(16 \sim 59) \times 10^{-6}$ 、平均值为 40×10^{-6} ,有机质类型同为I型, R_o 值高达2.0%~3.5%,已处于过成熟阶段;而且该套烃源岩展示较高的有机碳含量和较低的氯仿沥青“A”含量,与塔里木和扬子地区的烃源岩演化史相近,但其进入生油、生气时期较晚,现今的演化程度也相对较低,因此具有生烃潜力。

目前,在河南四十里长山隆起发现寒武系斜坡相泥质烃源岩,有机碳含量为0.28%~6.02%,最高可达11.18%,平均2.66%,有机质丰度可达较好-最好烃源岩标准。

南华北地区自印支期构造运动开始,进入了具有多次沉降-隆升的复杂构造演化史阶段,相应地上古生界烃源岩亦经历了沉积-埋深-抬升剥蚀改造-再埋深过程,再次埋深过程中具备二次生烃条件。因此,南华北盆地的石炭-二叠系烃源岩既可与下古生界中-下奥陶统碳酸盐岩古风化储层+石炭系底部的铝土质泥岩及铝土岩盖层形成“上生下储式”的油气藏,也可在断裂的沟通下与上覆中、新生界碎屑岩储层形成“下生上储式”的油气藏。如南12、周参13、周6、周参7、周参8等井分别在石炭-二叠系已经发生过油气生成、运移和聚集,前景很好。^[7,8]

2.2.3 柴达木-河西走廊地区

该区古生界发育齐全、分布广泛,为一套裂

陷-克拉通盆地型沉积体系,为海相碳酸盐岩、碎屑岩及火山岩。古生界烃源岩主要发育寒武-奥陶系泥页岩、灰岩和石炭-二叠系泥岩、灰岩夹页岩及煤系^[9,10],以石炭-二叠系烃源岩发育较好(图2,图3)。

柴达木盆地石炭系烃源岩有泥岩、灰岩,累计厚度200~600 m,泥岩有机碳含量为0.8%~2.1%,氯仿沥青“A”含量为 $(58 \sim 210) \times 10^{-6}$,均处于成熟-高成熟期。

河西走廊地区泥岩及灰岩等累计厚度200~560 m,泥岩有机碳含量为0.45%~3.10%、氯仿沥青“A”含量为 $(57 \sim 358) \times 10^{-6}$,灰岩有机碳含量为0.14%~0.75%、氯仿沥青“A”含量为 $(57 \sim 49) \times 10^{-6}$,有机质演化 R_o 值达0.6%~2.1%。

总之,柴达木-河西走廊地区石炭-二叠系烃源岩发育好,油气资源潜力大。但对该区寒武-奥陶系烃源岩,以前不少人误认为已变质,未列入烃源岩之列,故所做工作甚少,有待加强研究。预测这套烃源岩资源潜力很大^[11]。

2.2.4 准噶尔盆地

经近年研究,该盆地震旦-泥盆系发育一套裂陷-克拉通盆地充填系列,为一套深海-较深海-浅海相的复理石建造-碳酸岩盐、碎屑岩及火山岩建造,未发生区域性变化,形成一套以泥页岩及灰岩为主的烃源岩,资源潜力较大,有待研究。

2.2.5 青藏地区

近年来,不少单位对青藏地区进行了石油地质调查,从西到东、从北到南多处发现古生界烃源岩。特别是石炭-二叠系烃源岩分布广泛,资源潜力较大^[12,13]。

1) 羌塘盆地

在羌塘盆地,古生界烃源岩露头少见,在以往研究中未引起重视。古生界出露地表的有奥陶系及二叠系的烃源岩,以二叠系热觉茶卡组(P_2r)和鲁谷组(P_1l)为主,烃源岩测试样品较少。其中,鲁谷组烃源岩以灰岩为主,平均厚度为80.60 m,有机碳含量为0.10%~0.93%、平均0.30%,镜质体反射率平均为1.22%,总体评价为中等-差烃

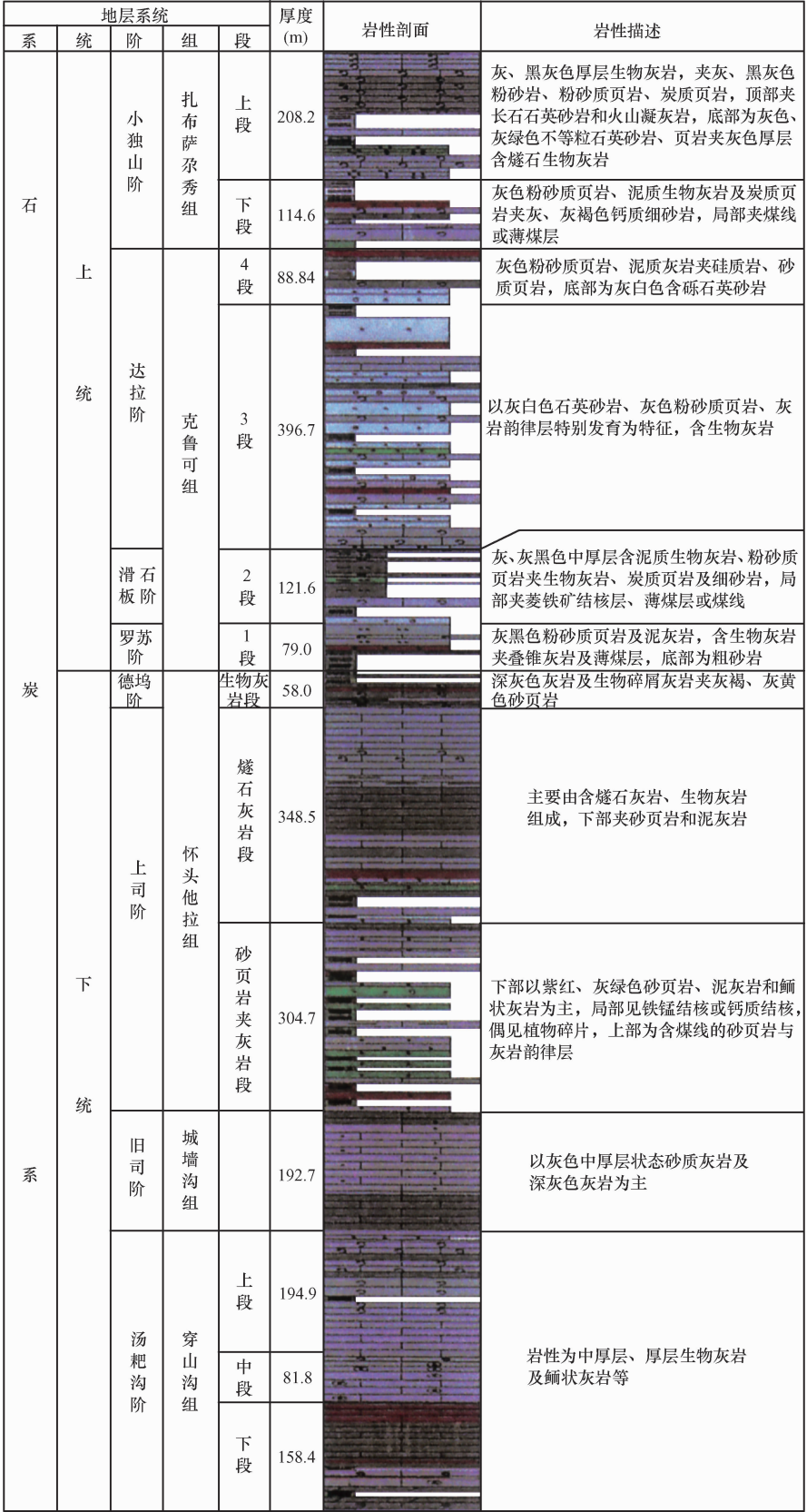


图 2 柴达木盆地石炭系地层柱状图

Fig. 2 Stratigraphic column of the Carboniferous in the Qaidam Basin

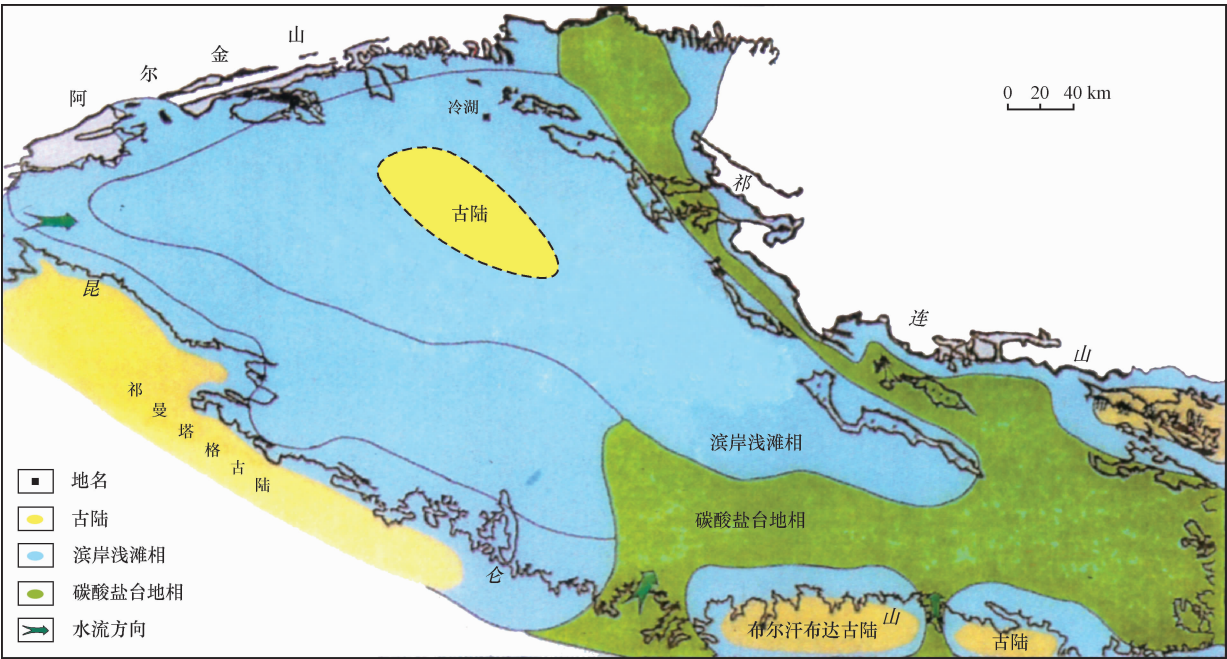


图 3 柴达木盆地晚石炭世岩相古地理图(据马寅生,2008 修改)

Fig. 3 Lithofacies paleogeography map of the Late Carboniferous in the Qaidam Basin (modified from Ma Yinsheng,2008)

源岩;热觉茶卡组烃源岩有机碳含量为 0.36% ~ 2.49%、平均 1.09%,镜质体反射率为 1.91% ~ 2.45%、平均 2.09%,烃源岩为泥岩、煤、灰岩等,在剖面上其平均厚度达 113.79 m,总体评价为中等-最好烃源岩。

肖茶卡组是一套开阔台地-浅海陆棚相灰岩、砂岩(页)岩沉积。烃源岩除在中央隆起区缺失外,在盆地内分布广泛,厚度基本大于 1 500 m。北羌塘坳陷东部以泥(质)岩为主,碳酸盐岩次之;西部以碳酸盐岩为主,泥(质)岩次之。南羌塘坳陷东部以碳酸盐岩为主,泥(质)岩次之;西部也是以碳酸盐岩为主,泥(质)岩次之(图 4)。

大量资料统计表明,灰岩有机碳含量为 0.16% ~ 0.58%、平均 0.32%,氯仿沥青“A”含量平均为 64×10^{-6} ,生烃潜量($S_1 + S_2$)为 1.85 mg/g。有机质类型主要为 II 型,其平面分布为:北羌塘坳陷东部以 II₁ 型和 II₂ 型为主、偶见 I 型,西部以 I 型、II₁ 型和 II₂ 型为主、偶见 III 型;南羌塘坳陷东部以 II₂ 型为主,西部也是以 I 型、II₁ 型和 II₂ 型为主。

泥岩有机碳含量为 0.06% ~ 6.23%、平均 2.76%,氯仿沥青“A”含量平均为 64×10^{-6} ,生烃潜量($S_1 + S_2$)平均为 2.76 mg/g,镜质体反射率 R_o 值为 0.62% ~ 3.35%、平均 1.35%。有机质类型

主要为 II₁ 型,其平面分布为:北羌塘坳陷东部几乎均为 II₁ 型和 II₂ 型,西部以 III 型为主,II₁ 型和 II₂ 型较少;南羌塘坳陷东部以 II₂ 型为主,西部几乎均为 II₁ 型。

烃源岩甾烷 $\alpha\alpha\alpha C_{27}/\alpha\alpha\alpha C_{29}$ 比值为 0.62 ~ 0.76,其中泥(质)岩高于碳酸盐岩,Pr/Ph 值、伽马蜡烷值相近;岩石热解峰温 T_{max} 值平均为 465℃;镜质体反射率 R_o 值低于泥(质)岩,烃源岩从低成熟到过成熟阶段均有分布。烃源岩镜质体反射率 R_o 值平面分布为:羌塘盆地中部 R_o 值最低,西南部 R_o 值高于北部和东部。干酪根 $\delta^{13}C$ 值分布于 -24.30% ~ -27.64%。总的来说,烃源岩为中等-较好烃源岩,其中泥质岩烃源岩好于碳酸盐岩烃源岩。

2) 措勤盆地

措勤盆地石炭-二叠系烃源岩为海相泥岩、泥灰岩及灰岩,厚 300 ~ 580 m。

3) 冈念盆地

冈念盆地东部和盆地南北边缘,出露奥陶系-二叠系。

奥陶系仅见上奥陶统,由薄层灰岩和灰岩与页岩互层组成,厚度约为 500 m。

志留系为一套稳定的碳酸盐岩夹页岩,厚约 100 ~ 200 m。

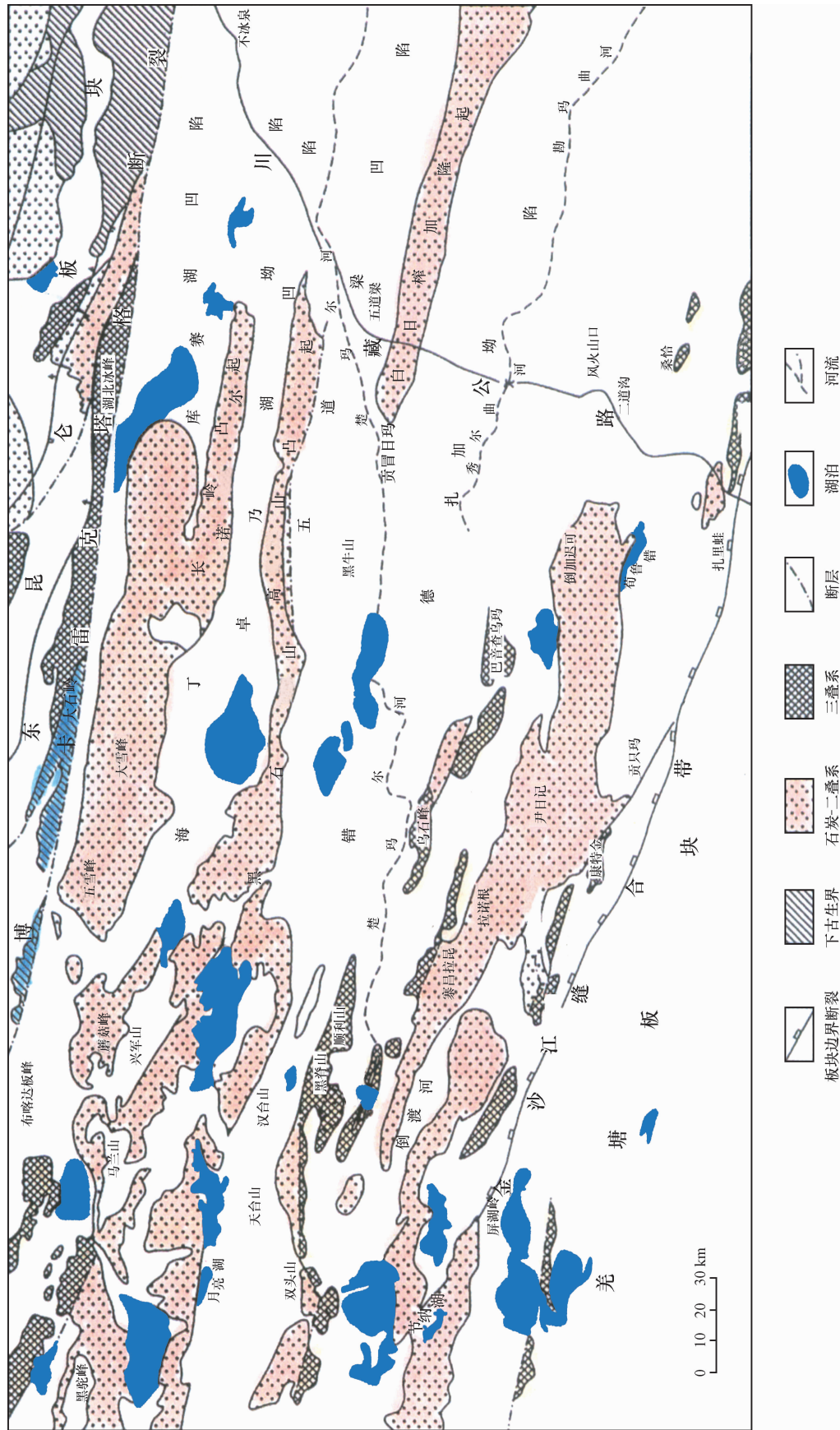


图4 藏北可可西里盆地古生界沉积相展布(据刘家铎等, 2007)

Fig.4 Distribution of sedimentary facies in the Paleozoic of the Kekexili Basin in North Tibet

泥盆系下部为达尔东组薄层状灰岩夹生物碎屑灰岩及泥质灰岩,上部为查果罗马组开阔台地相厚层状灰岩夹鲕粒灰岩和砂屑灰岩组成,厚度约为1 000 m。

石炭系由下部的永珠组和上部的拉嘎组组成,为一套海相泥岩及灰岩,厚度为300 m。

二叠系下部为昂灰组页岩,中部为下拉组碳酸盐岩,上部由坚扎弄组炭质页岩及煤层组成,总厚度约为500 m。

4) 喜马拉雅地区

该区发育一套海相寒武—二叠系泥岩、页岩及灰岩组成的烃源岩,累计厚度上千米,预测油气资源潜力大。

5) 西藏北可可西里地区

据现有研究成果,该区发育有较广泛的古生界沉积。寒武—奥陶系为海相碳酸盐岩、泥岩、页岩夹砂岩,含有丰富的海相化石,厚度大于1 600 m。志留系为海相灰绿色凝灰岩、砂岩夹页岩及灰岩,厚度较大。泥盆系为浅海相砂岩及灰岩,厚度大于500 m。石炭系分布广,主要为一套杂色砂岩、泥岩及灰岩夹炭质页岩,厚度为300~800 m。二叠系分布与石炭系相似,下统为浅海相杂色砂、泥岩夹灰岩及火山岩,厚200~960 m,上统为陆相杂色砂、泥岩不等厚互层夹砂砾岩等,厚320~670 m(图4)。

该区石炭系—下二叠统发育一套暗色泥页岩及灰岩;寒武—奥陶系的暗色页岩及泥岩均为较好烃源岩。预测北可可西里地区前景较好,有待进一步研究和评价。

青藏地区古生界烃源岩分布广、厚度大,油气资源丰富,有待深入研究和评价。

2.2.6 松潘—阿坝地区

该区自震旦纪以来沉积特征与四川盆地相似,古生代为一套裂陷—克拉通盆地型海相碎屑岩、火山岩及碳酸盐岩体系。据我们研究,古生界未发生区域性变质作用,只是在压扭断裂带及接触带附近有变质作用。所以,该区寒武—二叠系发育一套海相烃源岩。

根据盆缘和井下岩石沉积相研究,若尔盖地区不同时期的沉积地层、盆地结构不同。下古生界为被动大陆边缘沉积;上古生界为碳酸盐台地沉积,沉积广泛;中生界三叠系为裂陷槽—残余海(洋)盆

复理石沉积,以碎屑岩夹碳酸盐岩建造为主。

因此认为,本区古生界存在有利生、储油岩相带。其中,寒武系半深水—深水相的炭质硅质页岩、志留系陆棚相的泥质硅质烃源岩厚300~500 m,平均有机碳含量分别为1.72%和1.27%,且镜质体反射率多数小于4%,具有生烃条件;同时,泥盆系、石炭系、二叠系发育有开阔台地、浅海相,沉积了台地相白云岩、颗粒灰岩、生物(碎屑)灰岩等碳酸盐岩,它们都是可能的储集岩。因此,区内具有成油气物质基础。

曾在若尔盖周缘地区地表发现多处油气显示,经源岩对比确定了志留系和寒武系烃源岩有过生、排烃史。红参1井的钻探,在井下发现了丰富的油气显示。在红参1井的石英—方解石脉体中,发现许多烃类包裹体,证明这些烃类很可能来自下部的古生界地层。

综上所述,上述几个地区古生代广泛发育了裂陷—克拉通盆地,盆地沉积厚度大、分布广泛,且没有发生区域性变质作用。区内发育有寒武—奥陶系、石炭—二叠系及下志留统烃源岩,有机质丰度较好,均处于成熟—过成熟阶段,油气资源十分丰富。因此,有待进一步研究,以优选有利区(带)进行油气勘探,力争早日实现新的重大突破。

3 古生代海相油气勘探战略思考

纵观我国古生代海相油气勘探,应从以下几个方面加以考虑。

1) 战略突破区

该区包括:①塔里木盆地新区、新领域和深层;②四川盆地古生界,特别是川东北、川东南、川西深层、川中下古生界等;③中扬子地区下古生界;④鄂尔多斯盆地地下古生界;⑤滇黔桂地区古生界。

2) 战略准备区

该区包括:①南华北地区古生界;②下扬子地区古生界;③南黄海盆地古生界;④准噶尔盆地上古生界。

3) 战略评价区

该区包括:①青藏地区古生界;②柴达木—河西走廊地区古生界;③东北地区古生界;④准噶尔盆地地下古生界;⑤海域中—古生界。

(下转第752页)