

川西北双鱼石地区上二叠统长兴组台地边缘 - 开阔台地的沉积差异性研究

王悦¹, 屈海洲¹, 赵容容², 李文皓², 张宇², 胡欣³, 雷越³, 张兴宇¹, 雷银⁴

¹西南石油大学地球科学与技术学院, 四川 成都

²中国石油西南油气田分公司勘探事业部, 四川 成都

³中国石油西南油气田分公司川西北气矿, 四川 绵阳

⁴中国石油西南油气田分公司工程技术研究院, 四川 成都

收稿日期: 2023年4月26日; 录用日期: 2023年6月5日; 发布日期: 2023年6月13日

摘要

四川盆地开江 - 梁平海槽两侧的长兴组是重要的油气勘探层系, 先后发现了龙岗、普光、元坝和罗家寨等多个大气田, 但西北侧的勘探及研究程度相对较低。本文通过薄片和测录井等资料, 分析研究川西北双鱼石地区上二叠统长兴组台地边缘相、开阔台地相的岩石学和沉积学特征与差异性。结果显示双鱼石地区长兴组岩性以生屑灰岩、泥晶灰岩以及晶粒白云岩为主。台地边缘相自然伽马平均约31 API, 开阔台地相自然伽马平均值略大, 约35 API。台缘带滩相厚度占比较大, 开阔台地内部长二段发育台内洼地, 其台内滩与滩间海沉积厚度占比均减小。台地边缘主要发育台缘滩, 开阔台地内部整体以滩间海沉积为主, ST107井区、SYX133井区以及SY132井区主要发育台内滩沉积, 面积约110 km²。

关键词

川西北, 双鱼石, 长兴组, 台地边缘, 开阔台地, 沉积差异

A Study on the Sedimentary Differences between the Platform Margin and Open Platform of the Upper Permian Changxing Formation in the Shuangyushi Area of Northwest Sichuan

Yue Wang¹, Haizhou Qu¹, Rongrong Zhao², Wenhao Li², Yu Zhang², Xin Hu³, Yue Lei³, Xingyu Zhang¹, Yin Lei⁴

文章引用: 王悦, 屈海洲, 赵容容, 李文皓, 张宇, 胡欣, 雷越, 张兴宇, 雷银. 川西北双鱼石地区上二叠统长兴组台地边缘-开阔台地的沉积差异性研究[J]. 地球科学前沿, 2023, 13(6): 601-611. DOI: 10.12677/ag.2023.136057

¹School of Geosciences and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

²Exploration Department, Southwest Oil & Gas Field Company of PetroChina, Chengdu Sichuan

³Northwest Sichuan Division, Southwest Oil & Gas Field Company of PetroChina, Mianyang Sichuan

⁴Engineering Technology Research Institute, Southwest Oil and Gas Field Company of PetroChina, Chengdu Sichuan

Received: Apr. 26th, 2023; accepted: Jun. 5th, 2023; published: Jun. 13th, 2023

Abstract

The Changxing Formation on both sides of the Kaijiang Liangping Trough in the Sichuan Basin is an important oil and gas exploration layer series. Multiple large gas fields such as Longgang, Pu-guang, Yuanba, and Luojiashai have been discovered, but the exploration and research level on the northwest side of the trough is relatively low. This paper analyzes and studies the petrology and sedimentology characteristics and differences of platform margin facies and open platform facies of the Upper Permian Changxing Formation in Shuangyushi area, northwest Sichuan, through thin section and logging data. The results show that the lithology of the Changxing Formation in the Shuangyushi area is mainly composed of bioclastic limestone, micrite limestone, and crystalline dolomite. The average natural gamma ray of the platform edge facies is about 31 API, while the average natural gamma ray of the open platform facies is slightly higher, about 35 API. The thickness of the shoal facies in the platform margin zone accounts for a relatively large proportion, and the second member of the Changxing Formation within the open platform develops a depression within the platform. The proportion of sediment thickness in the shoal and inter shoal areas decreases. The edge of the platform mainly develops platform margin shoals, while the interior of the open platform is mainly composed of intertidal sea deposits. The ST107 well area, SYX133 well area, and SY132 well area mainly develop intra platform shoal deposits, covering an area of approximately 110 square kilometers.

Keywords

Northwestern Sichuan Basin, Shuangyushi Area, Changxing Formation, Platform Margin, Open Platform, Sedimentary Differences

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

四川盆地处于上扬子台地的西部，是中国重要的含油气盆地，面积约 18 万平方公里，天然气资源丰富，截止 2019 年底，四川盆地常规天然气总产气量累计约 $5998 \times 108 \text{ m}^3$ [1]。其中上二叠统长兴组是四川盆地众多含油气层中重要的产气层位之一[2]，长兴组台缘礁滩在勘探开发过程中，先后发现普光、元坝和罗家寨等多个大气田[3]。目前四川盆地关于长兴组的研究主要集中于台地边缘地带，且多以川东、川东北地区为主[4]-[12]。

前人认为开江 - 梁平裂陷两侧台缘带和川西北地区的长兴组 - 飞仙关组有望发现新的大气田[13]，其中川西北地区长兴组主要储集空间类型为粒间溶孔、晶间孔、构造缝及溶蚀缝等[14]，主要发育低孔、特低渗储层[15]。但前人对川西北地区尤其是双鱼石地区长兴组研究程度较低，对台地内部滩相沉积特征也

缺乏研究。研究区内地质条件复杂,随着勘探的深入,双鱼石地区碳酸盐岩亦表现出愈加复杂的特征,现有的认识不足以支持该领域勘探突破。因此,在前人研究基础上,开展对双鱼石地区长兴组台地边缘相与开阔台地相沉积差异的研究,以期为下一步有利区带预测以及有利储集体寻找提供地质依据。

2. 地质背景

四川盆地西北部位于上扬子台地北缘,是一个南西-北东向展布的狭长区带[16]。晚二叠世时期峨眉山玄武岩大范围喷发,使上扬子板块西缘发展成陆地,四川盆地形成具有西高东低的古地貌特征[17],在峨眉地裂运动、同沉积以及基底断裂的共同影响下,盆地内部发生差异沉降,呈现“隆凹相间”的沉积格局[5] [17] [18] [19]。川西北双鱼石地区构造上位于四川盆地川中古中拗陷低缓带西北侧,紧邻龙门山断褶带(图 1)。研究区内上二叠统长兴组厚度为 215 m~311 m,自下而上可划分为长一段、长二段以及长三段。川西北地区长兴组与下伏吴家坪组以及其上覆飞仙关组均为整合接触关系[20] [21] [22],主要发育生屑灰岩、泥晶灰岩以及晶粒白云岩等。

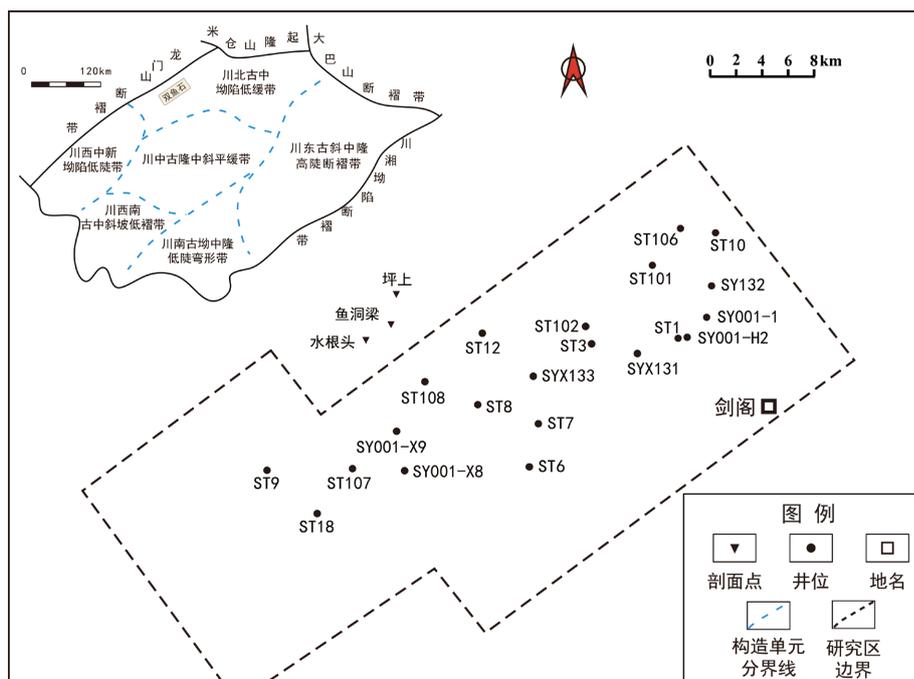


Figure 1. Location map of the study area

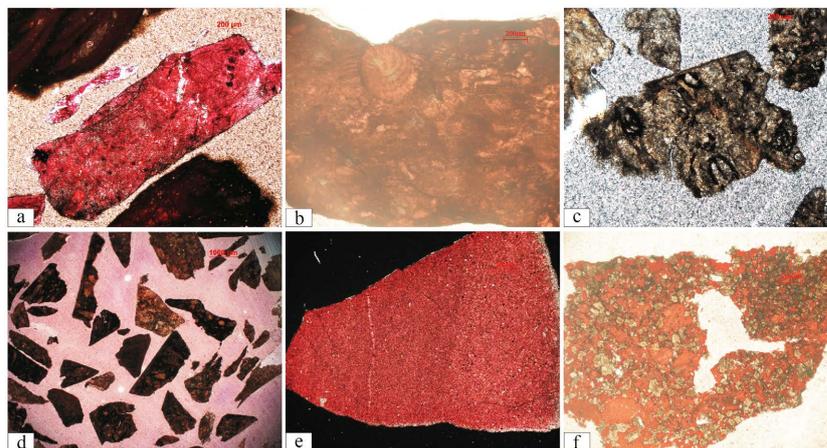
图 1. 研究区位置图

3. 岩石学类型

通过双鱼石地区薄片鉴定,长兴组主要发育石灰岩类和少量白云岩类。其中石灰岩类以生屑灰岩为主,生屑种类包括瓣、海百合、有孔虫、腹足类、海绵、腕足类等;其次发育泥晶灰岩。白云岩类主要为晶粒白云岩,偶见生屑,白云石晶粒粒径以粉晶级为主。

3.1. 石灰岩类

双鱼石地区长兴组发育的石灰岩类主要包括泥晶生屑灰岩、亮晶生屑灰岩、泥晶灰岩、含生屑泥晶灰岩、含泥(质)泥晶灰岩、含云(质)泥晶灰岩等(图 2),其中,白云石晶粒常见于泥晶灰岩中,粒径约 0.02~0.15 mm,以粉晶级晶粒为主,泥晶、细晶级白云石晶粒次之。

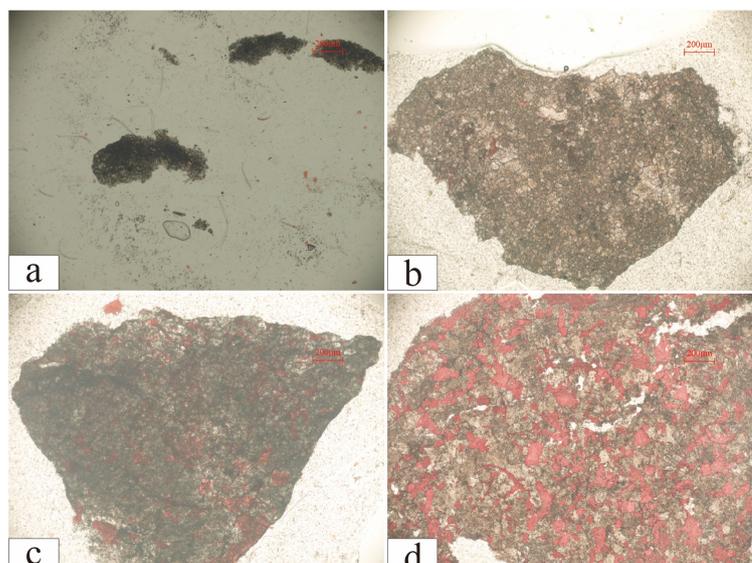


(a) 亮晶生屑灰岩, ST9 井, 7180 m, 岩屑片, 单偏光; (b) 泥晶生屑灰岩, ST18 井, 6493 m, 岩屑片, 单偏光; (c) 含泥泥晶生屑灰岩, ST106 井, 6748 m, 岩屑片, 单偏光; (d) 含生屑泥质泥晶灰岩, ST107 井, 6612 m, 岩屑片, 单偏光; (e) 泥晶灰岩, ST10 井, 6728 m, 岩屑片, 正交光; (f) 云质泥晶灰岩, ST102 井, 7135 m, 岩屑片, 单偏光

Figure 2. Typical limestone of the Changxing Formation in the Shuangyushi area
图 2. 双鱼石地区长兴组典型石灰岩类

3.2. 白云岩类

研究区内长兴组白云岩类主要发育晶粒云岩(图 3), 白云石晶粒为泥晶至细晶级别不等, 但粒径多集中于 0.02 mm~0.1 mm, 以粉晶白云岩为主。除此以外, 长兴组晶粒云岩中常见泥质、灰质发育, 形成含泥(质)白云岩、含灰(质)白云岩等。



(a) 含泥泥 - 粉晶白云岩, ST8 井, 6580 m, 岩屑片, 单偏光; (b) 粉晶白云岩, ST102 井, 6484 m, 岩屑片, 单偏光; (c) 含灰质粉晶白云岩, ST18 井, 6805 m, 岩屑片, 单偏光; (d) 灰质细 - 粉晶白云岩, ST9 井, 6974 m, 岩屑片, 单偏光

Figure 3. Typical dolomite from the Changxing Formation in the Shuangyushi Area
图 3. 双鱼石地区长兴组典型白云岩类

4. 沉积相类型

结合区域地质背景调查、岩石学特征及测井响应等综合分析, 研究区长兴组沉积相主要为开阔台地-台地边缘-斜坡海槽的沉积格局, 其中开阔台地包括台内滩、滩间海、台内洼地等沉积亚相, 台地边缘包括台缘滩、滩间海等亚相(表 1), 而深水相位于研究区边缘, 并非研究重点, 故此文不做赘述。

Table 1. Classification of sedimentary facies types and rock electrical characteristics of the Changxing Formation
表 1. 长兴组沉积相类型划分及岩电特征对比表

相	亚相	岩石学特征	测井响应特征
台地边缘	台缘滩	泥-亮晶的生屑云岩、亮晶生屑灰岩等, 生物种类多, 轮廓较清晰, 完整度高	自然伽马低值, 8~24 API; 电阻率中高值
	滩间海	泥晶灰岩、含云灰岩、含灰质白云岩、含生屑泥晶灰岩、含生屑白云岩、含泥灰岩等	自然伽马中低值, 35~74 API; 电阻率中低值
开阔台地	台内滩	泥晶生屑灰岩、云质泥晶生屑灰岩, 亮-泥晶生屑灰岩等	自然伽马低值, 10~38 API; 电阻率中高值
	滩间海	含泥泥晶灰岩、含生屑泥晶灰岩、含云灰岩、云质灰岩、灰质云岩等, 整体厚度规模较小	自然伽马中高值, 33~101 API; 电阻率中低值
	台内洼地	含泥泥晶灰岩、泥质泥晶灰岩、泥晶灰岩等, 整体厚度规模较大	较厚的高值伽马段, 自然伽马中高值, 57~243 API; 电阻率中低值

4.1. 台地边缘

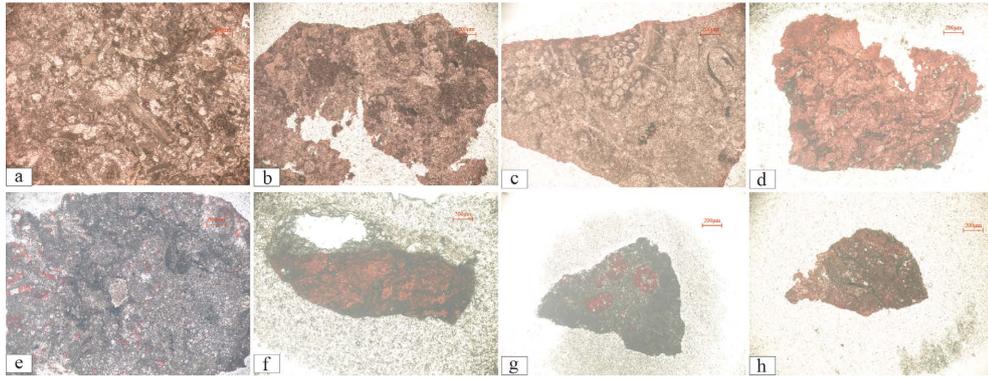
台地边缘位于浅水台地和深水斜坡相邻的部分, 水深位于正常浪基面附近, 一般呈条带状且处于较高地貌, 是台地面向广海一侧的高能沉积环境, 易受到波浪等的改造, 阳光和养分充足, 具有障壁性质, 台缘带水体循环良好, 水体能量高, 盐度正常。双鱼石地区长兴组台地边缘相自然伽马平均值约 31 API, 可进一步识别出台缘滩亚相以及滩间海亚相。

4.1.1. 台缘滩

台缘滩位于台地边缘局部高地貌的沉积区域, 含氧量充足, 十分适合生物生长, 上二叠统长兴组生物种类丰富, 双鱼石地区长兴组台缘滩亚相生屑含量较高, 常见有孔虫、苔藓虫、腹足类、腕足类、介形虫等, 主要发育生屑滩, 岩性以生屑灰岩为主, 生屑含量较高, 集中于 60%~90%, 镜下观察常见亮晶胶结和云化特征, 生屑轮廓相对清晰, 而且岩屑薄片可见到保存较完整的生屑分布(图 4(a)~(d))。台缘滩亚相以自然伽马低值、电阻率中高值为特征(图 5(a)), 自然伽马曲线主要呈微齿状, 自然伽马值为 8~24 API, 电阻率曲线主要呈微齿状中值、锯齿状、指状或钟型高值。

4.1.2. 滩间海

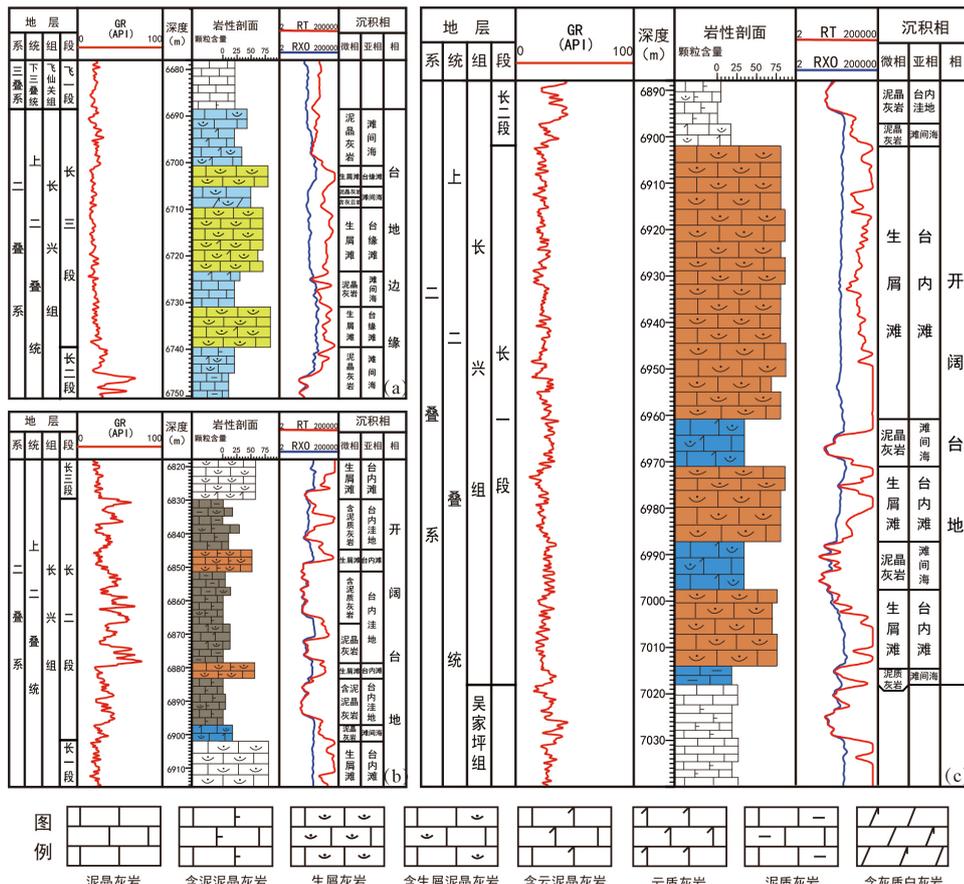
台缘滩间海发育于台缘滩之间的低洼位置, 水体相对低能, 能量和沉积速率相对偏低, 以细粒沉积物为主(图 4(e)~(h)), 主要包括泥晶灰岩、含泥质泥晶灰岩、含生屑(质)泥晶灰岩, 局部可见云化, 形成灰质白云岩、云质灰岩等过渡岩性。滩间海亚相以自然伽马中低值、电阻率中低值为特征(图 5(a)), 自然伽马曲线为微齿状-齿状形态, 自然伽马值约为 35~74 API, 电阻率曲线主要呈微齿状中值。



(a) 亮晶生屑灰岩，台缘滩，ST12 井，6544 m，岩屑片，单偏光；(b) 泥晶生屑灰岩，台缘滩，ST101 井，7010 m，岩屑片，单偏光；(c) 亮晶生屑灰岩，台缘滩，见有孔虫，ST9 井，7101 m，岩屑片，单偏光；(d) 亮晶生屑灰岩，局部可见云化，台缘滩，ST10 井，6734 m，岩屑片，单偏光；(e) 含生屑粉晶白云岩，滩间海，ST9 井，6904 m，岩屑片，单偏光；(f) 含泥质泥晶灰岩，滩间海，ST10 井，6743 m，岩屑片，单偏光；(g) 含灰质白云岩，滩间海，ST10 井，6708 m，岩屑片，单偏光；(h) 含云泥晶灰岩，滩间海，ST10 井，6716 m，岩屑片，单偏光

Figure 4. The main lithological characteristics of the platform margin beach subfacies and beach intertidal sea subfacies of the Changxing Formation

图 4. 长兴组台缘滩亚相和滩间海亚相主要岩性特征



(a) 台缘滩亚相和滩间海亚相岩电特征，ST10 井；(b) 台内洼地亚相岩电特征，SY132 井；(c) 台内滩亚相和滩间海亚相岩电特征，SY132 井

Figure 5. The rock electrical characteristics of each subfacies of Changxing Formation platform margin and open platform

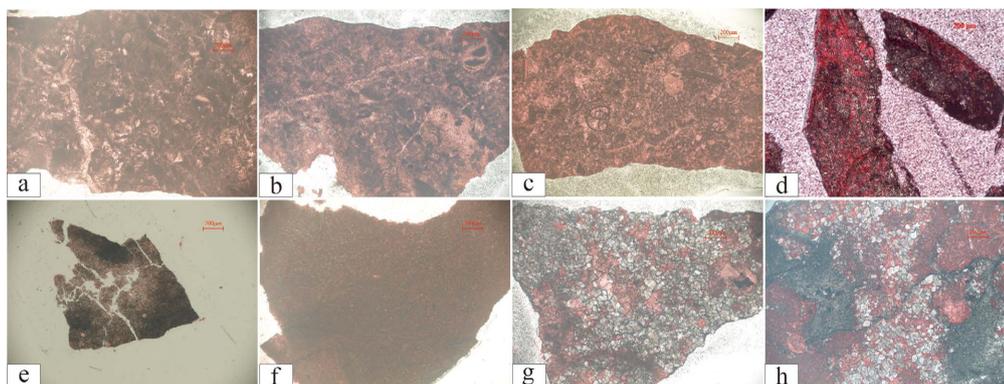
图 5. 双鱼石地区长兴组台地边缘、开阔台地各亚相岩电特征

4.2. 开阔台地

开阔台地是水体循环较好，盐度基本正常的浅海，水体能量一般较高，被地貌稍高的台地边缘与广海分隔开，水体深度一般介于数米至数十米之间。双鱼石地区长兴组开阔台地相自然伽马平均值约 35 API，可进一步识别出台内滩、滩间海以及台内洼地三个亚相。

4.2.1. 台内滩

台内滩是开阔台地中局部地貌较高的沉积区域，双鱼石地区长兴组台内滩亚相主要发育泥晶生屑灰岩(图 6(a)和图 6(b))，亦有少量亮晶生屑灰岩和含云质生屑灰岩等(图 6(c)和图 6(d))，生屑含量介于 50%~80%，生屑类型以有孔虫为主，偶见腹足类和介形虫等，生屑轮廓一般不甚清晰，保存较完整的生屑相对少见。台内滩亚相以自然伽马低值、电阻率中高值为特征(图 5(c))，自然伽马曲线整体呈微齿状-锯齿状低值，局部箱状中低值或漏斗状低值，自然伽马值约为 10~38 API，电阻率曲线为微齿状中值、锯齿状中高值或箱状高值。



(a) 泥晶生屑灰岩，台内滩，ST18 井，6660 m，岩屑片，单偏光；(b) 含泥生屑灰岩，台内滩，ST107 井，6720 m，岩屑片，单偏光；(c) 亮-泥晶生屑灰岩，台内滩，SY001-X8 井，6846 m，岩屑片，单偏光；(d) 云质生屑灰岩，台内滩，SY132 井，6870 m，岩屑片，单偏光；(e) 含泥泥晶灰岩，滩间海，ST8 井，6572 m，岩屑片，单偏光；(f) 泥晶灰岩，滩间海，ST18 井，6458 m，岩屑片，单偏光；(g) 灰质白云岩，含少量生屑，滩间海，ST106 井，6650m，岩屑片，单偏光；(h) 云质灰岩，含少量生屑，滩间海，SY001-X9 井，6510 m，岩屑片，单偏光

Figure 6. The main lithological characteristics of the intra-platform shoal subfacies and beach inter-act sea subfacies of the Changxing Formation

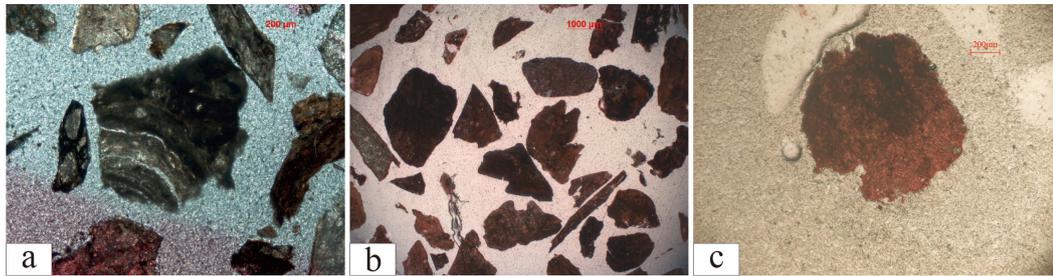
图 6. 长兴组台内滩亚相和滩间海亚相主要岩性特征

4.2.2. 滩间海

开阔台地滩间海位于台地内部地貌相对较低处，水体能量低于台内滩且高于台内洼地。研究区长兴组开阔台地滩间海主要沉积各类泥晶灰岩(图 6(e)~(h))，包括含泥质泥晶灰岩、含云质泥晶灰岩等，也发育少量含灰质白云岩，偶见生屑。滩间海亚相以自然伽马中高值、电阻率中低值为特征(图 5(c))，自然伽马曲线为微齿状-齿状形态，自然伽马值约为 33~101 API，电阻率曲线整体波动幅度较小，呈微齿状-齿状、钟型或漏斗型中低值。

4.2.3. 台内洼地

台内洼地处于开阔台地内部地貌低洼地带，是台地内部水体能量最低的区域，岩性一般为大套泥晶灰岩、含泥质泥晶灰岩，偶见生屑，以沉积厚度大和泥质含量大为显著特征(图 7)。台内洼地亚相以自然伽马中高值、电阻率中低值为特征(图 5(b))，曲线整体波动幅度大，常见中低-中高值交替出现，自然伽马值约为 57~243 API，电阻率曲线整体波动幅度较小，多呈箱型中低值。



(a) 泥质灰岩, 含少量生屑, ST6 井, 7116 m, 岩屑片, 单偏光; (b) 泥质灰岩, ST107 井, 6624 m, 岩屑片, 单偏光; (c) 含泥泥晶灰岩, SYX133 井, 6926 m, 岩屑片, 单偏光

Figure 7. Main lithological characteristics of intra-platform depression subfacies in Changxing Formation

图 7. 长兴组台内洼地亚相主要岩性特征

5. 沉积相分布

5.1. 纵横向发育特征

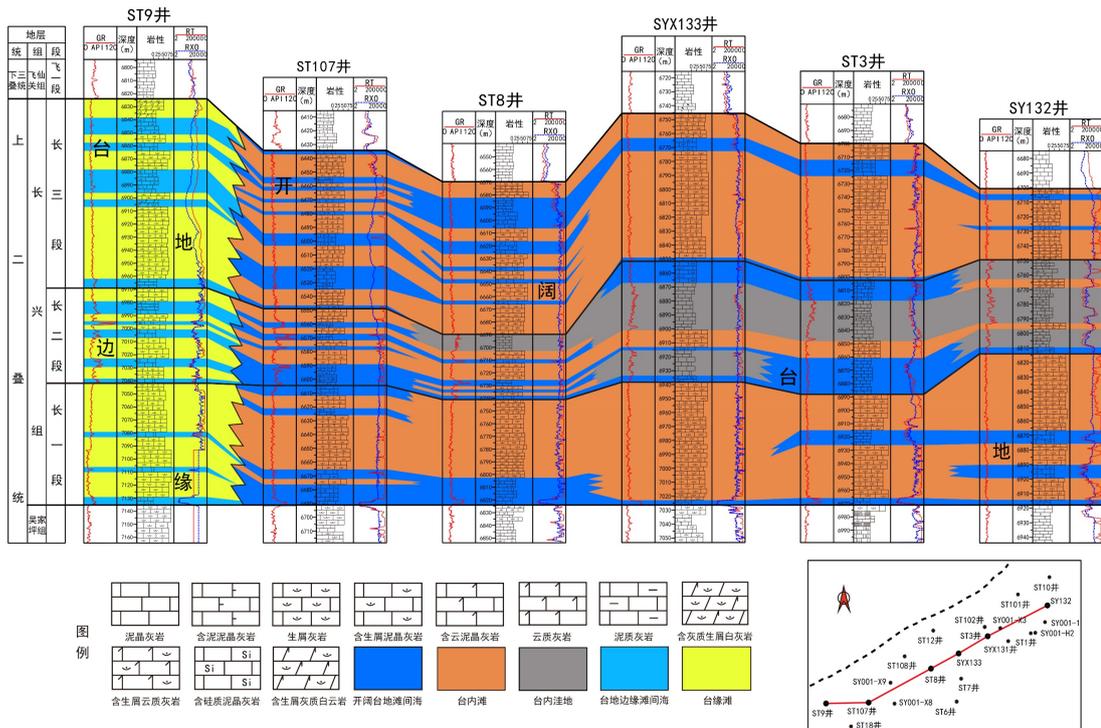


Figure 8. The sedimentary comparison of Changxing Formation in ST9 well-ST107 well-ST8 well-SYX133 well-ST3 well-SY132 well

图 8. ST9 井-ST107 井-ST8 井-SYX133 井-ST3 井-SY132 井长兴组沉积相对比图

ST9 井-ST107 井-ST8 井-SYX133 井-ST3 井-SY132 井是研究区内一条自南西至北东方向的连井剖面, 该剖面由台地边缘向开阔台地内部过渡(图 8)。

台缘带长兴组如 ST9 井, 自下而上整体呈现滩间海和台缘滩叠置发育的特征, 台缘滩沉积厚度先减小后增大, 滩间海厚度呈增大趋势, ST9 井整体以台缘滩沉积为主, 总厚度达 218 m, 而滩间海沉积总厚度约 94 m。至开阔台地内部近台缘带 ST107 井, 自下而上呈滩间海和台内滩叠置发育, 台内滩亚相和滩间海亚相沉积厚度相近, 分别为 155 m 和 143 m。台地内部距台缘带较远的 ST8 井、SYX133 井、ST3 井以

及 SY132 井, 长一段和长三段呈滩间海和台内滩叠置发育, 长二段台内洼地发育, 沉积厚度 13~50 m 不等, 从而形成多种组合, 自下而上台内滩沉积厚度先减小后增大, 滩间海和台内洼地沉积厚度则为先增后减。

横向上, 长兴组滩相沉积和滩间海沉积整体连续性较好, 台内洼地亚相受到局部地貌变化影响, 连续性相对较差, 滩相厚度占比大致呈减少趋势, 滩间海厚度占比先减少后增大, 台内洼地从无到有, 其沉积厚度占比大致呈增大趋势。剖面中各亚相均较为连续, 长一段滩相和滩间海的沉积厚度均呈先减薄再增厚的特点, 台缘滩和台内滩沉积规模较大, 横向连续性好(图 7)。长二段自南西至北东方向滩相沉积厚度具减薄趋势, ST9 井台缘滩沉积厚度约 44 m, 研究区北东部 SY132 井台内滩沉积厚度仅 11 m, 长二段台缘带至台地内部滩相和台内洼地沉积相对连续, 除台缘带 ST9 井以及近台缘 ST107 井, 中部至北东部各井区发育台内洼地亚相沉积。长三段整体滩相发育, 沉积厚度与长三段地层厚度具有一定相关性, 南西至北东滩间海沉积厚度具有明显减小趋势。

5.2. 平面分布

通过区域地质背景调查、岩性岩相和测井响应特征对照, 并结合研究区内长兴组滩相沉积厚度平面分布, 从而确定沉积相边界并分析沉积相平面分布特征。川西北地区长兴组沉积时期生物建造速率大幅增加, 台地边缘沉积厚度迅速增大, 形成镶边台地模式[23]。研究区台地边缘主要发育台缘滩, 开阔台地内部整体以滩间海沉积为主, 主要发育泥晶灰岩类, 偶见云化特征。长兴组末期发生快速海退[24], 随着水体深度持续下降, 台内滩沉积规模增大, 集中发育于 ST107 井区、SYX133 井区以及 SY132 井区, 面积可达 110 km²(图 9)。

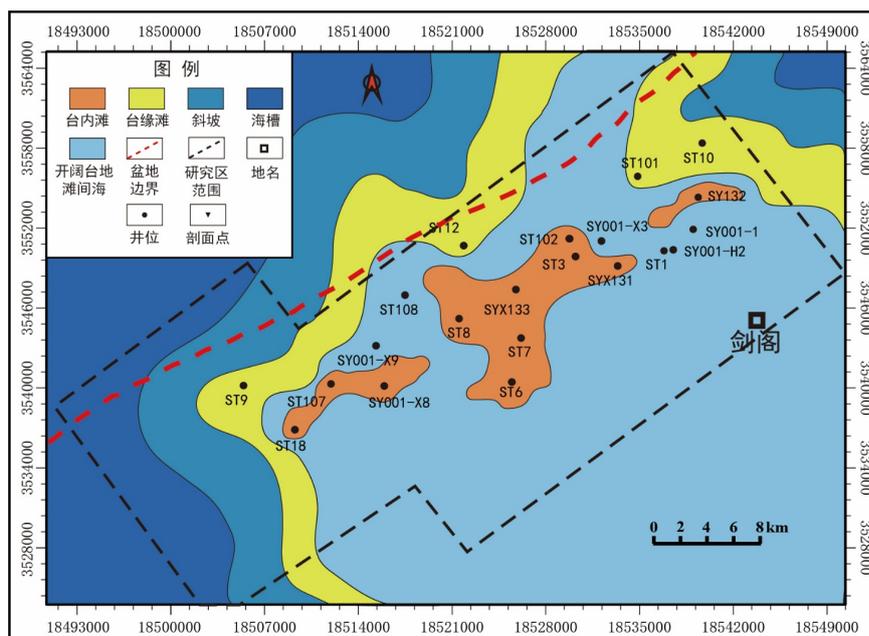


Figure 9. Sedimentary facies plan of Changxing formation in the study area

图 9. 研究区长兴组沉积相平面图

6. 结论

1) 双鱼石地区长兴组主要发育石灰岩类和少量白云岩类。其中石灰岩类以生屑灰岩为主, 生屑种类丰富; 其次发育泥晶灰岩。白云岩类主要为晶粒白云岩, 偶见生屑, 白云石晶粒以粉晶级为主。

2) 研究区长兴组沉积相以开阔台地相和台地边缘相为主, 其中开阔台地包括台内滩、滩间海、台内洼地等沉积亚相, 台地边缘包括台缘滩、滩间海等亚相。台地边缘相自然伽马平均值约 31 API, 开阔台地相自然伽马平均值略大, 约 35 API。

3) 台缘带长兴组自下而上台缘滩沉积厚度先减小后增大, 滩间海厚度则为先增后减。至开阔台地内部自下而上台内滩沉积厚度先减小后增大, 滩间海和台内洼地沉积厚度则为先增后减。沿研究区南西-北东向长兴组滩相沉积和滩间海沉积连续性较好, 台内洼地亚相受到局部地貌变化影响, 连续性较差。研究区长兴期台地边缘主要发育台缘滩, 开阔台地内部整体以滩间海沉积为主, ST107 井区、SYX133 井区以及 SY132 井区主要发育台内滩沉积, 面积约 110 km²。

参考文献

- [1] 刘树根, 邓宾, 孙玮, 等. 四川盆地是“超级”的含油气盆地吗?[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2020, 39(5): 20-35.
- [2] 胡东风, 王良军, 黄仁春, 等. 四川盆地中国石化探区油气勘探历程与启示[J]. 新疆石油地质, 2021, 42(3): 283-290.
- [3] 魏国齐, 杨威, 刘满仓, 等. 鄂西-城口地区“海槽”西侧长兴组-飞仙关组台缘礁滩特征与展布[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(3): 661-672, 764.
- [4] 邓志强, 胡明毅, 左洛滔. 开江-梁平海槽南段长兴组沉积格局认识及油气勘探意义[J]. 断块油气田, 2022, 29(6): 780-787.
- [5] 陈鑫, 陈雷, 刘菲, 等. 川东地区长兴组生物礁发育特征与迁移规律[J]. 断块油气田, 2022, 29(1): 26-32.
- [6] 魏子博, 陈雷, 冯亮, 等. 川东奉节地区长兴组沉积相及储层发育特征[J]. 断块油气田, 2021, 28(6): 816-822.
- [7] 蒋裕强, 谷一凡, 刘菲, 等. 川东忠县一鱼池地区二叠系-三叠系海槽相、台缘相的发现及勘探意义[J]. 石油学报, 2017, 38(12): 1343-1355.
- [8] 倪新锋, 陈洪德, 田景春, 等. 川东北地区长兴组-飞仙关组沉积格局及成藏控制意义[J]. 石油与天然气地质, 2007(4): 458-465.
- [9] 王一刚, 文应初, 张帆, 等. 川东地区上二叠统长兴组生物礁分布规律[J]. 天然气工业, 1998(6): 25-30, 7-8.
- [10] 韩建. 四川盆地龙岗东地区台缘带生物礁含气性评价[J]. 天然气勘探与开发, 2022, 45(2): 15-21.
- [11] 左洛滔, 胡忠贵, 李世临, 等. 开江-梁平海槽东侧长兴组沉积组合类型及分布规律[J]. 断块油气田, 2022, 29(1): 60-65.
- [12] 李秋芬, 苗顺德, 江青春, 等. 四川宣汉盘龙洞长兴组生物礁沉积特征及成礁模式[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2015, 45(5): 1322-1331.
- [13] 魏国齐, 杨威, 刘满仓, 等. 四川盆地大气田分布、主控因素与勘探方向[J]. 天然气工业, 2019, 39(6): 1-12.
- [14] 刘康林, 吴熙纯, 刘树根, 等. 川西北地区上二叠统长兴组、大隆组沉积特征研究[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(2): 30-34.
- [15] 张冰. 川西北地区海相地层多层系天然气成藏机制研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 东北石油大学, 2018.
- [16] 罗帆. 川西北地区泥盆系-二叠系输导体系对油气富集的控制作用[硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2021.
- [17] 邹才能, 徐春春, 汪泽成, 等. 四川盆地台缘带礁滩大气区地质特征与形成条件[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(6): 641-651.
- [18] 罗志立, 金以钟, 朱夔玉, 等. 试论上扬子地台的峨眉地裂运动[J]. 地质论评, 1988(1): 11-24.
- [19] 梁霄, 童明胜, 梁锋, 等. 晚二叠世盐亭-蓬溪拉张槽东段特征及其对四川盆地中部长兴组油气成藏的控制作用[J]. 天然气地球科学, 2019, 30(2): 176-189.
- [20] 曾琪, 胡欣, 屈海洲, 等. 川西北部地区上二叠统吴家坪组的地层划分及有利储集岩分布[J]. 天然气勘探与开发, 2020, 43(4): 33-47.
- [21] 杨威, 魏国齐, 武赛军, 等. 四川盆地区域不整合特征及其对油气成藏的控制作用[J]. 石油勘探与开发, 2023, 50(3): 504-515.
- [22] 潘柯宇. 川西北部地区双鱼石-剑阁构造带飞一、飞二段储层特征研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学,

2019.

- [23] 何文渊, 蒙启安, 白雪峰, 等. 川东北地区二叠系-三叠系多期台缘演化规律及勘探方向[J]. 石油学报, 2022, 43(9): 1201-1212, 1235.
- [24] 金若谷, 黄恒铨. 四川广元上寺二叠系-三叠系界线剖面沉积特征及环境演变[J]. 地层古生物论文集, 1987(2): 32-75.