

车排子凸起东部石炭系储层差异性分析

王春伟

(中石化经纬有限公司地质测控技术研究院, 山东 青岛 266000)

摘要:准噶尔盆地车排子凸起东部的石炭系油气资源潜力大,但因岩浆岩储层岩性复杂多变,严重制约着该区油气资源的高效勘探开发。以岩心分析、测井解释、录井资料为研究基础,结合前人石炭系储层相关研究成果,揭示了车排子凸起东部石炭系储层差异性,明确了造成其储层差异性的主控因素。结果表明:研究区石炭系岩性主要有凝灰岩、安山岩、玄武岩、火山角砾岩、沉凝灰岩和凝灰质砂岩等,储层储集空间有原生孔隙、次生孔隙和裂缝三类;因受岩相差异、风化淋滤及构造运动的影响,储层储集性能在纵向及平面上存在明显的非均质性。纵向上石炭系顶部(距顶800 m内)储层物性好,为油气分布的主要储集层,平面上研究区中东部石炭系具有较大的勘探潜力,而其它地区储层物性较差。以上结论对车排子凸起东部的石炭系油气资源的勘探开发具有一定的指导意义。

关键词:储层非均质;油气勘探;石炭系;车排子凸起

中图分类号:TE321 **文献标志码:**A

Difference analysis of Carboniferous reservoirs in eastern Chepaizi Uplift

WANG Chunwei

(Geological Measurement and Control Technology Research Institute of Sinopec Jingwei Co., LTD., Qingdao 266000, China)

Abstract: The carboniferous hydrocarbon resources in the eastern part of Chepaizi Uplift in the Junggar Basin have great potential, but the efficient exploration and development of hydrocarbon resources in this area are severely restricted due to the complex and variable lithology of the magmatic reservoirs. Based on the core analysis, logging interpretation, and logging data, and combined with previous research results on carboniferous reservoirs, the difference of the carboniferous reservoirs in the eastern part of the Chepaizi Uplift was revealed, and the main controlling factors causing the variability of the reservoirs were clarified. The results show that the carboniferous lithologies in the study area mainly include tuffs, andesites, basalts, volcanic breccias, sunken tuffs, tuffaceous sandstones, etc. There are three types of reservoir storage spaces: primary pores, secondary pores, and fractures. Due to the influence of lithofacies difference, weathering leaching, and tectonic movement, there is obvious heterogeneity in the reservoir storage properties in the longitudinal and planar directions. Longitudinally, the upper carboniferous reservoirs (within 800 m from the top) have good reservoir properties and are the main accumulation area for oil and gas distribution. The Carboniferous System in the east-central part of the study area has a large exploration potential in the plane, while the reservoir properties in other areas are poor. The above conclusions have certain guiding significance for the exploration and development of carboniferous oil and gas resources in the eastern part of the Chepaizi Uplift.

Key words: reservoir heterogeneity; oil and gas exploration; the carboniferous; Chepaizi Uplift

2011年,准噶尔盆地西部车排子凸起石炭系岩浆岩储层试获工业油流。近年来,车排子凸起东部在石炭系又获油气勘探突破,表明车排子凸起东部的石炭系油气资源潜力大^[1-2]。车排子凸起东部石炭系整体勘探程度较低,岩浆岩储层岩性复杂多变,而岩性控制有利储层的发育。目前在车排子凸起东部的凝灰岩、安山岩、玄武岩、火山角砾岩及花岗岩等石炭系储层中均见到了良好的油气显示,但

在P68、P77等井区钻探情况与相邻区块存在较大差异,油气显示较差^[3-4]。为落实研究区储层目标,为

收稿日期:2022-06-12;改回日期:2022-10-11。

作者简介:王春伟(1988—),工程师,硕士,研究方向为地质资源与地质工程。E-mail:584019559@qq.com。

基金项目:中石化石油工程公司研发计划项目“测录定一体化技术应用平台研究”(SG20-16K)。

下步勘探指明方向,有必要对该区石炭系储层开展分析研究。

1 研究区地质概况

车排子凸起位于准噶尔盆地西部隆起区,区域构造上北邻扎伊尔山,东部、南部分别以红车断裂带、艾卡断裂带与昌吉凹陷、四棵树凹陷相通(图1)。石炭纪时期车排子凸起大部分处于海相、海陆交互相沉积环境,发育巨厚的岩浆岩并构成了上覆地层的基底,多期次、多形式的地质构造运动,使岩浆岩储集层裂缝发育明显。目前车排子凸起东部石炭系勘探程度较低,加上地质背景复杂,石炭系地层、储层横向变化快^[5-6]。

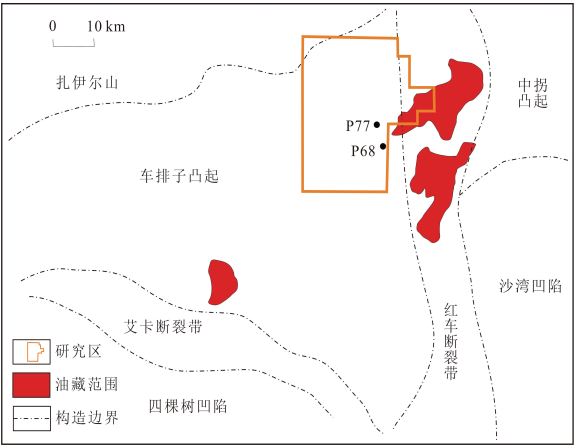


图1 P68—P77井区构造位置及勘探形势图

2 岩石类型及储集空间

本次收集了工区120余口探井资料,利用已钻井的岩性、电性、物性、含油性等资料进行综合分析,开展储层研究。

2.1 储层岩石类型

车排子凸起石炭系储层的形成与地史时期的岩浆活动有关,分为岩浆岩(73%)和沉积岩(27%),岩浆岩主要岩性为凝灰岩、安山岩、玄武岩、火山角砾岩、火山集块岩,沉积岩则主要为沉凝灰岩和凝灰质砂岩,岩石类型多样(图2)。

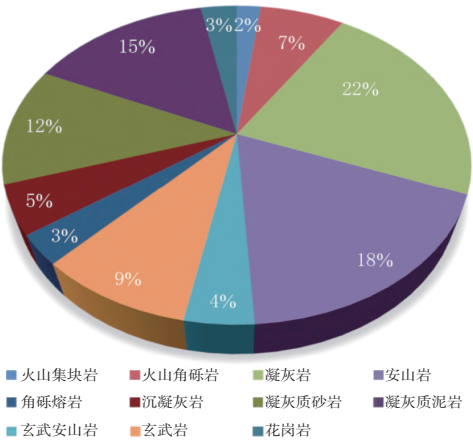
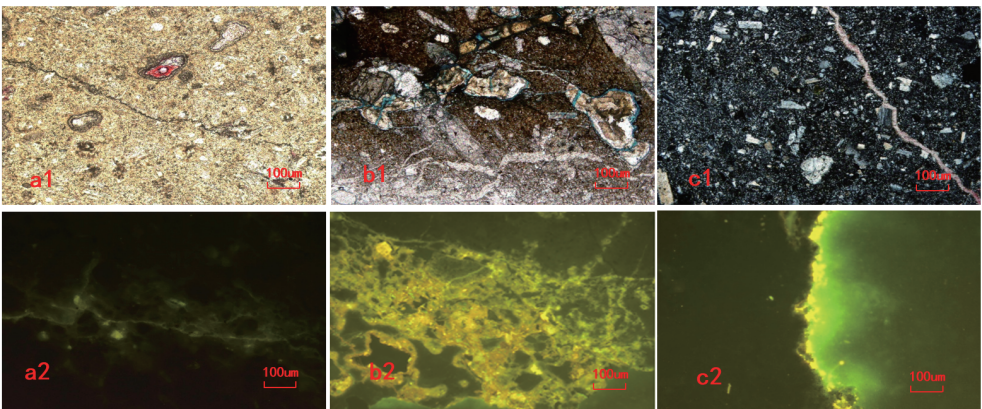


图2 车排子凸起石炭系岩性分布^[7]

2.2 储层储集空间

通过岩心观察、岩石薄片与铸体薄片鉴定、显微荧光分析等手段结合岩浆岩储层的形成和演化机制研究认为,车排子凸起石炭系岩浆岩储层的储集空间类型按成因可分为原生孔隙、次生孔隙和裂缝三类(图3)。原生孔隙形成的时间截止于岩浆岩固结的成岩阶段,次生孔隙形成于岩浆岩成岩之后,裂缝由火山爆发炸裂作用、冷凝收缩作用和断裂活动作用形成。原生孔隙的发育是岩浆岩形成有效储层的基础,但原生孔隙在经历埋藏演化后仍能完整地保存下来的十分少见,多数都不同程度地发生了后期的多次填充与溶蚀^[8-9]。



a1.2 606.8 m, 安山岩岩矿薄片, 见原生气孔; a2.显微荧光照片, 视域同a1;
b1.1 031.1 m, 凝灰岩岩矿薄片, 见次生孔隙; b2.显微荧光照片, 视域同b1;
c1.1 032.1 m, 凝灰岩岩矿薄片, 见裂缝; c2.显微荧光照片, 视域同c1

图3 车排子凸起P66井石炭系主要储集空间类型

2.3 储层物性

车排子凸起石炭系火山岩储层孔隙度主要介于3%~10%之间,渗透率主要介于 $(0.01\sim0.50)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$,整体为低孔低渗储层,不同岩性孔隙度分布见图4。

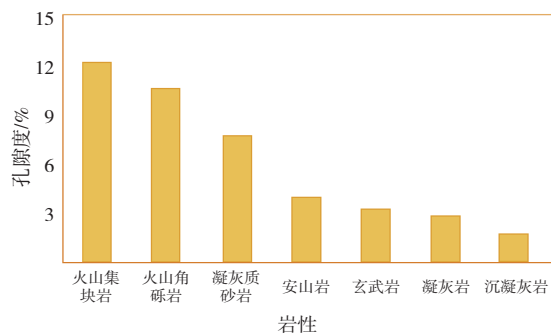


图4 车排子凸起石炭系不同岩性孔隙度分布

3 石炭系储层差异性

3.1 纵向差异性

通过收集钻至石炭系的井资料,分析石炭系岩电特征。研究认为,石炭系自下而上岩电组合特征明显分为三段,分别对应于太勒古拉组、包谷图组、希贝

库拉斯组地层(图5)。各组具体岩电特征如下所述。

希贝库拉斯组岩性为凝灰岩、角砾岩、安山岩、玄武岩;自然伽马值整体较低,深侧向电阻率曲线变化较剧烈,整体呈“锯齿”状中低阻电性特征。

包谷图组岩性为沉凝灰岩、凝灰质泥岩;自然伽马值整体较稳定,明显比上部希贝库拉斯组高,深侧向电阻率值从上到下逐渐抬升。从成因上看,它不同于太勒古拉组,是一套远基浊流沉积。

太勒古拉组岩性为凝灰质砂岩、安山岩、凝灰岩、沉凝灰岩、花岗岩,岩性多样;电性受不同岩性影响,自然伽马变化较大,深侧向电阻率曲线整体呈“锯齿”状中高阻特征^[10-11]。

从车排子凸起石炭系典型井地质剖面图得知,研究区石炭系上部储层物性明显好于中下部储层:上部的希贝库拉斯组储层物性好,储集空间包含原生孔隙、次生孔隙、裂缝,测井孔隙度基本大于5%,局部大于10%;而中部包谷图组物性相对差,储集空间只有上述三种中的一种或两种,孔隙度多介于3%~5%之间,底部太勒古拉组物性最差,孔隙度基本小于4%。

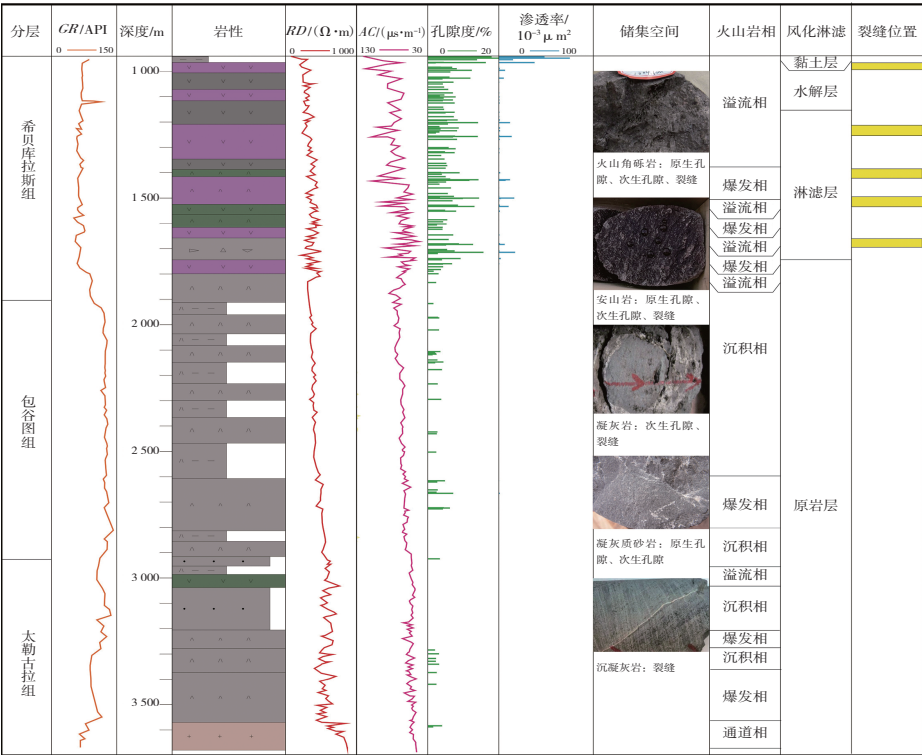


图5 车排子凸起石炭系典型井(P677井)地质剖面

3.2 平面差异性

前人分析认为,研究区石炭系由于受挤压构造运动影响,石炭系顶面发育一系列逆断层,造成石

炭系顶面储层具有发育不均一的特点^[12-13]。

通过对已钻井的钻井、录井、测井资料分析,并对研究区石炭系顶部的地层及岩性进行统计,得到

了车排子地区石炭系顶面地层分布图(图6)。研究认为,研究区石炭系顶部地层受到构造挤压作用,发生褶皱后被剥蚀削平,再沉积侏罗系或白垩系地层,造成了平面上地层的差异性。从研究区西南部到东北部,太勒古拉组、包谷图组、希贝库拉斯组、包谷图组地层呈条带状相间分布。

根据车排子地区石炭系顶面地层分布图,结合不同地层纵向上岩性及储集性差异,进而得到有利储层在平面上的分布情况(图7)。研究区中东部希贝库拉斯组发育,岩性多为凝灰岩、角砾岩,安山岩、玄武岩,储层物性好,而其他地区石炭系顶部为包谷图组、太勒古拉组,岩性主要为沉凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质泥岩,储层物性较差。

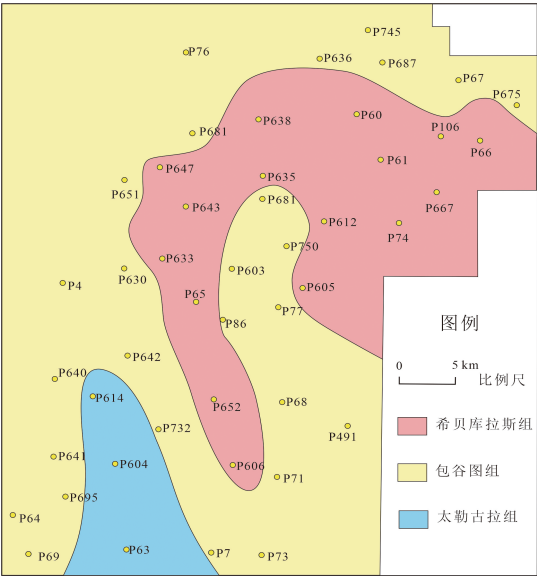


图6 车排子地区石炭系顶面地层分布

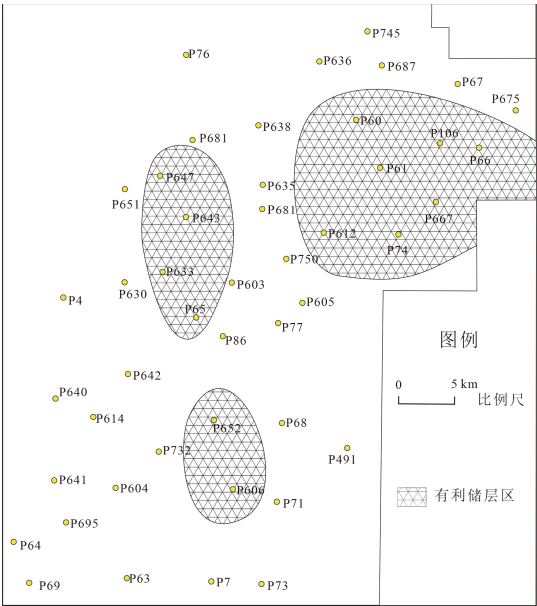


图7 车排子地区石炭系顶面有利储层平面分布

4 石炭系储层差异性主控因素

车排子凸起石炭系储层在纵向上受控于储层岩相、风化淋滤作用及断裂作用,导致其在纵向上储层物性分布不均,影响了含油气性。

4.1 岩相差异

依据前人的研究成果,按成因机制、火山产物及其分布特征,将岩浆岩及其相关岩石划分为四个岩相,相同的岩相类型具有相似的储集性。希贝库拉斯组发育火山爆发相的凝灰岩、角砾岩,火山溢流相的安山岩、玄武岩;包谷图组发育火山沉积相的沉凝灰岩、凝灰质泥岩;太勒古拉组火山爆发相、通道相、沉积相都比较发育。从不同岩相的物性统计表得知,火山爆发相、溢流相物性好于火山沉积相,火山通道相较差(表1)。

表1 车排子凸起石炭系岩浆岩岩相物性特征

岩相	孔隙度/%		渗透率/10 ⁻³ μm ²	
	范围	平均	范围	平均
火山爆发相	2.1~15.3	9.8	0.1~4.1	0.8
火山溢流相	3.2~18.9	10.3	0.1~3.9	1.9
火山通道相	2.2~4.8	3.5	0.1~1.3	2.3
火山沉积相	2.4~14.9	8.8	0.1~4.6	2.9

4.2 风化淋滤作用

研究区经历长期的风化淋滤作用,在石炭系顶部形成厚层风化壳,依据各项分析化验资料,将研究区石炭系顶部风化壳的纵向结构分为黏土层、水解层、淋滤层和原岩带4层结构,其中前三者物性好,如P667井距石炭系顶面800 m物性普遍较好,孔隙度多大于5%,以下则基本小于5%,说明石炭系顶部在原来岩相的基础上,风化淋滤作用对改善储层起到了极大的作用。

此外,不同类型的火成岩稳定矿物的含量不同,造成其抗风化淋滤能力不同,风化淋滤对储层的改善能力也差别较大。因不同区域位置储层物性相差较大,对不同岩性的风化程度难以采用量化数据表示,但减弱趋势明显,顺序为:火山角砾岩、火山集块岩、凝灰岩、玄武岩、安山岩。沉凝灰岩和凝灰质砂岩抗风化程度变化范围大。

4.3 构造作用

(1)裂缝带:车排子凸起石炭系经历了多期构造运动,区内发育一系列断层,断层附近形成了构造裂缝的发育区。形成的裂缝一方面增大了储集

空间,另一方面方便流体运移,从而形成更多次生溶蚀孔隙。从P667井声波时差测井资料看,裂缝带发育的位置,储层的物性明显好于上下裂缝不发育的位置^[14-17]。

(2)古地貌:储层在横向上受控于构造挤压作用,使得具有不同储层特征的组段在石炭系顶部发育程度不同,造成其储集性在横向上不同。根据地层分布形态,褶皱轴线方向为北西—南东向,受到的地层挤压应力方向为南西—北东向^[18-19]。

5 结论

(1)车排子凸起石炭系储层岩性主要为凝灰岩、安山岩、玄武岩、火山角砾岩、火山集块岩、沉凝灰岩和凝灰质砂岩,岩石类型多样,储集空间为原生孔隙、次生孔隙和裂缝。

(2)车排子凸起东部石炭系火山岩储层在纵向及平面上存在明显的非均质性。石炭系顶部(出露希贝库拉斯组地层)储层物性较好,具有较大的勘探潜力,而其它地区石炭系顶部储层物性较差。

(3)研究区储层差异主要受到岩相差异、风化淋滤及构造作用的影响,有利储层主要富集在希贝库拉斯组发育的中东部区域、石炭系顶部以下800 m的火山爆发、溢流岩相中。

参考文献

- [1] 闫明明,李守军,杨思通,等.车排子凸起西翼石炭系火山碎屑岩裂缝特征及测井识别[J].中国科技论文,2020,15(5):547-555.
- [2] 王林,徐佑德,张曰静,等.准噶尔盆地车排子凸起石炭系储层主控因素及发育模式[J].东北石油大学学报,2020,44(2):79-90.
- [3] 仲伟军,党志敏,郭忠.重磁地震综合物探技术在准噶尔盆地车排子凸起南火山岩性预测中的应用[J].复杂油气藏,2019,12(3):32-36.
- [4] 杨东根.春风油田石炭系“缝-壳”型火山岩储层主控因素[J].复杂油气藏,2018,11(1):6-11.
- [5] 仲伟军,姚卫江,贾春明,等.中拐凸起石炭系火山岩喷发模式及其分布规律[J].复杂油气藏,2016,9(1):12-16.
- [6] 田志彬.乍得Bongor盆地基底岩浆岩岩石学及储集特征[J].非常规油气,2017,4(4):22-28.
- [7] 曾治平,刘显凤.准西车排子地区石炭系顶不整合结构地质特征及其地质意义[J].新疆地质,2020,38(1):61-65.
- [8] 林会喜,宫亚军,赵乐强,等.岩浆岩风化壳发育规律及油气地质意义——以准西车排子地区石炭系岩浆岩为例[J].油气地质与采收率,2019,26(6):11-18.
- [9] 李竹强,付国强,王雨洁,等.车排子石炭系岩浆岩储层识别技术研究[J].中国科技论文,2019,14(5):540-547.
- [10] 王岩泉,石好果,张曰静,等.准噶尔盆地车排子地区石炭系火山碎屑岩储层特征研究[J].地质论评,2019,65(S1):181-182.
- [11] 徐佑德.车排子地区石炭系岩浆岩油藏油气输导体系与运聚模式[J].西安石油大学学报(自然科学版),2018,33(6):34-41.
- [12] 王林.车排子凸起P66井区石炭系岩浆岩岩相及分布特征[J].新疆地质,2018,36(3):368-374.
- [13] 魏嘉怡,孟凡超,林会喜,等.准噶尔盆地车排子凸起东翼石炭系岩浆岩储层主控因素定量评价[J].地球科学与环境学报,2018,40(4):462-472.
- [14] 陈林.车排子凸起西翼石炭系火山沉积岩储层油气成藏特征[J].东北石油大学学报,2018,42(3):46-55.
- [15] 汪勇,向奎,马立群,等.车排子凸起石炭系岩浆岩储层测井综合评价[J].特种油气藏,2018,25(2):7-12.
- [16] 朱勇,余一欣,王双,等.岩浆岩储层物性参数模型及油层判识——以准噶尔盆地车排子凸起石炭系为例[J].石油与天然气地质,2018,39(1):119-128.
- [17] 李学良,林会喜,石好果,等.车排子地区石炭系岩浆岩储层发育特征及控制因素[J].西安石油大学学报(自然科学版),2017,32(6):1-9.
- [18] 杨少春,牛海瑞,宋明水,等.车排子地区石炭系挤压逆冲构造区断层共生裂缝发育程度定量表征[J].中国石油大学学报(自然科学版),2017,41(5):1-8.
- [19] 孟凡超,操应长,崔岩,等.准噶尔盆地西缘车排子凸起石炭系岩浆岩储层成因[J].中国石油大学学报(自然科学版),2016,40(5):22-31.

(编辑 刘义梅)