

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.2-3.027

川东北宣汉黄金口一带中三叠统雷口坡组底界划分

王富明, 仲佳爱*, 唐学渊, 盛德波, 刘铸, 庞博

WANG Fuming, ZHONG Jiaai*, TANG Xueyuan, SHENG Debo, LIU Zhu, PANG Bo

四川省地质矿产勘查开发局四〇五地质队, 四川 都江堰 611830

No.405 Geological Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Dujiangyan 611830, Sichuan, China

摘要:川东北宣汉黄金口一带能源、矿产资源丰富,中三叠统雷口坡组是该区钾、锂资源的赋矿层位之一,也是该区重要的天然气储层。黄金口一带雷口坡组底界多以岩性组合和测井曲线特征来划分,而不是以区域上广泛分布的“绿豆岩”作为其底界划分的标志。笔者在该区的1口钾盐探井中发现绿豆岩,其厚度2~3 cm,镜下鉴定其为富钾长石玻屑凝灰岩。XRD分析表明其主要矿物成分为石英、微斜长石、白云母。通过对岩性组合和测井曲线的对比研究,认为黄金口一带雷口坡组底界应下移,位于原划分的嘉陵江组中。

关键词:雷口坡组;绿豆岩;中三叠统;黄金口;四川;地质调查工程

中图分类号:P534.51;P536 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2022)02/03-0509-07

Wang F M, Zhong J A, Tang X Y, Sheng D B, Liu Z, Pang B. Determination of the bottom boundary of the Middle Triassic Leikoupo Formation in the Huangjinkou area of Xuanhan, Northeast Sichuan. *Geological Bulletin of China*, 2022, 41(2/3): 509-515

Abstract: Abundant energy and mineral resources are widely distributed in the Huangjinkou area of Xuanhan, Northeast Sichuan. The Middle Triassic Leikoupo Formation is one of the host beds of potassium and lithium resources, and also an important natural gas reservoir in the area. The bottom boundary of the Leikoupo Formation in the Huangjinkou area was previously mainly defined by rock association and logging curve characteristics, rather than "mung bean rock" widely distributed in the area as a mark of bottom boundary. The mung bean rock in one of the potash exploration wells in this area was discovered recently with a thickness of about 2~3 cm, which was identified as potash rich feldspar glassy tuff under the microscope. XRD analysis shows that the main mineral components are quartz, microcline and muscovite. The discovery of the mung bean rock makes us reacquaint the correctness of the original bottom boundary of Leikoupo Formation. Based on the comparative study of lithologic association and logging curve, it is considered that the bottom boundary of the Leikoupo Formation in the Huangjingkou area should be moved down to be in the original Jialingjiang Formation.

Key words: Leikoupo Formation; mung bean rock; Middle Triassic; Huangjinkou; Sichuan; geological survey engineering

川东北宣汉地区位于四川盆地川东高陡构造带与米仓山—大巴山前缘褶皱带的交接部位(图1)。该区能源、矿产资源丰富,在宣汉黄金口构造一带深部发现了中国急需的矿产资源——钾^[1-3]和锂^[4]。该区也是中国最大的海相气田—普光气田的所在地^[5]。中三叠统雷口坡组(T_2l)海相沉积地层是钾、锂资源的赋矿层位^[1-3]之一,也是该区重要的天然

气储层^[6]。因此,对雷口坡组的正确划分十分必要。

川东北宣汉黄金口一带的雷口坡组(T_2l)被上三叠统须家河组(T_3xj)、侏罗系自流井组(J_1zl)、新田沟组(J_2xt)、下沙溪庙组(J_2xs)、上沙溪庙组(J_2s)、遂宁组(J_3sn)、蓬莱镇组(J_3p)、下白垩统苍溪组(K_1c)、白龙组(K_1b)覆盖,未出露地表。目前,该区施工有数十口油气井和数口钾盐商业勘探井,全

收稿日期:2019-11-18;修订日期:2020-04-10

资助项目:四川省地勘基金项目《四川省宣汉县柳池富锂钾卤水调查评价》(编号:202012)

作者简介:王富明(1987-),男,硕士,工程师,从事地质调查与矿产勘查工作。E-mail:416250281@qq.com

*通信作者:仲佳爱(1985-),男,博士,高级工程师,从事地质调查与矿产勘查工作。E-mail:273551169@qq.com

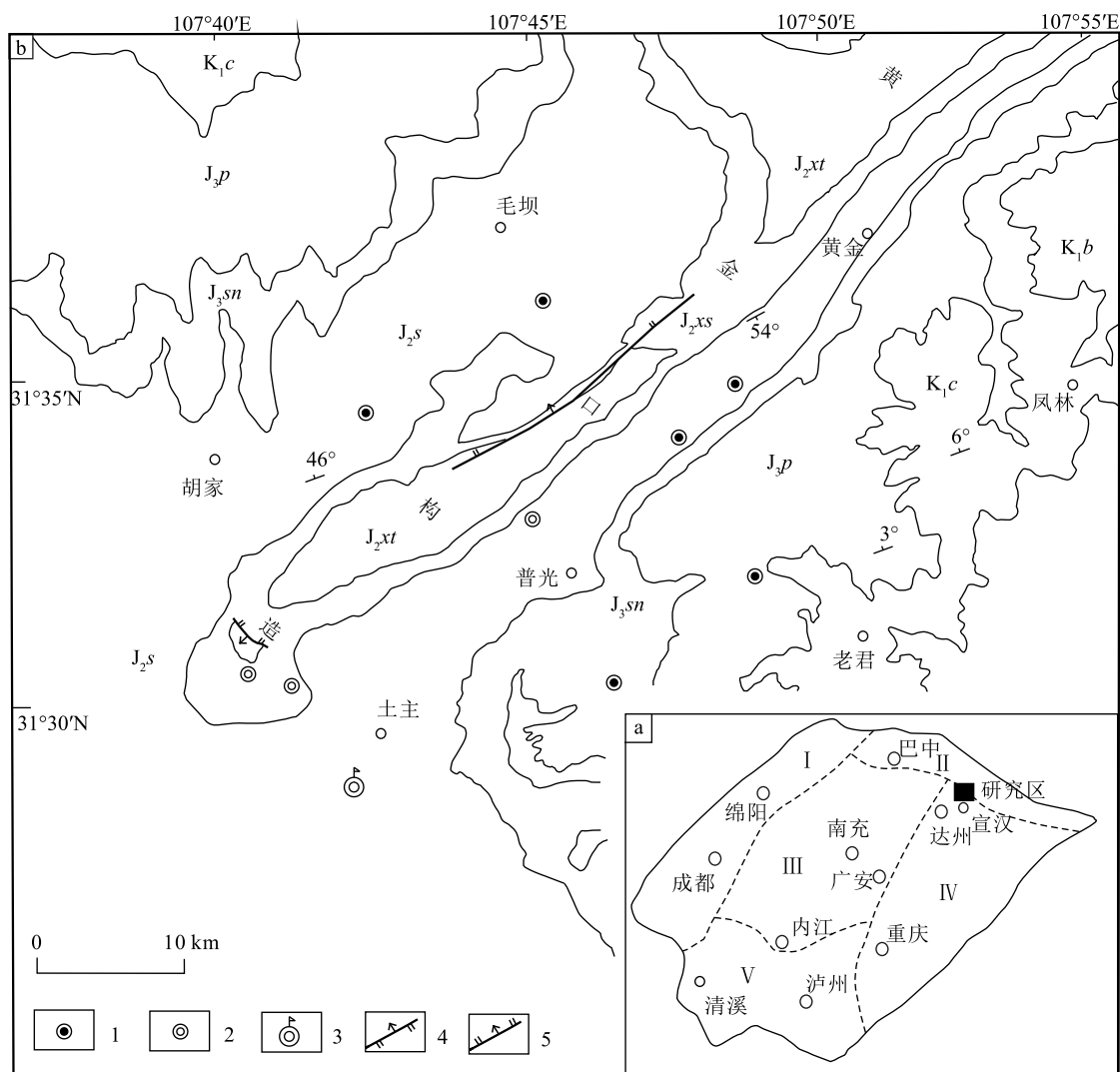


图1 川东北宣汉地区构造位置(a)和地质简图(b)

Fig. 1 Structural location(a) and simplified geological map(b) of the Xuanhan area in Northeast Sichuan
 I—川西凹陷带; II—米仓山—大巴山前缘褶皱带; III—川中低缓构造带; IV—川东高陡构造带; V—川南低陡构造带;
 J_{2xt} —新田沟组; J_{2xs} —下沙溪庙组; J_{2s} —上沙溪庙组; J_{3sn} —遂宁组; J_{3p} —蓬莱镇组; K_{1c} —苍溪组; K_{1b} —白龙组;
 1—油气井; 2—钾盐勘探井; 3—绿豆岩发现井; 4—逆断层; 5—正断层

部钻遇该地层。油气钻井目的层位主要为上二叠统长兴组(P_3c)—下三叠统飞仙关组(T_1f), 雷口坡组虽然有一定的勘探潜力, 但没进行过细致的勘探评价^[7]; 商业钾盐勘探钻井的目的层则为雷口坡组一段(T_2l^1)和嘉陵江组五段(T_1j^5)。

该区雷口坡组及其下伏嘉陵江组都为是一套碳酸盐岩、膏岩、盐岩的岩石组合, 两者界线不明确, 目前主要以测井曲线和岩性组合特征划分, 而不是以区域上广泛分布的“绿豆岩”作为雷口坡组底界的重要参考标志。“绿豆岩”广泛分布于整个上扬

子台地及其边缘, 实际工作中通常作为中三叠统雷口坡组(T_2l)和下三叠统嘉陵江组(T_1j)的地层界线。油气钻井中雷口坡组不是取心层位, 主要采用岩屑录井, 对其底界研究不详细; 商业钾盐勘探钻井对油气部门所划的雷口坡组一段和嘉陵江组五段进行了取心, 也没有发现“绿豆岩”。近年, 随着四川省地勘基金找钾工作的开展, 宣汉黄金口一带施工了数口钾盐探井, 笔者在其中1口探井的岩心中发现了“绿豆岩”的踪迹。对其进行镜下鉴定和X射线衍射分析。通过区域对比, 认为该“绿豆岩”

可作为该区雷口坡组底界划分的重要标志。这对重新认识该区古地理环境及成矿过程,指导后续矿产勘探工作具有重要意义。

1 雷口坡组特征

据《四川省岩石地层》^[8],雷口坡组是许德佑于 1939 年在威远县新场附近的雷口坡创建,原称“雷口坡系”,其含义为根据岳希新等在威远县熊家-雷口坡面“h 层及 k 层石灰岩中所采化石 *Pseudomonotis* (*Eumorphotis*) *illyrica*, *Myophoria goldfussi* 等瓣鳃类及菊石? *Clionites* sp. 等与湖北远安所产类同,年代为上三叠统卡尼克层,并称“雷口坡系”,以代表上部“嘉陵江石灰岩”上部地层”。

由于以上定义缺乏具体的岩石地层含义,但其地层位置明确,后人均按此含义在过去的嘉陵江组上部划出雷口坡组,上界由一区域性平行不整合面限定,下界的划分方案存在争议。20 世纪 50 年代以“绿豆岩”划分该组下界,理由是这一界线为上述生物化石带的下限。“绿豆岩”区域上较稳定,但其上下地层均以白云岩为主,无宏观界线可寻。60 年代以后,将雷口坡组下界提高到该组下部杂色泥、页岩段底界,较传统底界(“绿豆岩”)高约数十米。这一划分方案符合岩石地层单位的定义^[8]。但在之后的地质工作中,绝大多数学者还是以“绿豆岩”作为其底界。

2 黄金口一带雷口坡组划分现状

四川盆地雷口坡组(T_2l)一般分为 4 段,宣汉黄金口一带除雷一段、雷二段及雷三段部分外,其余已被剥蚀殆尽。该区油气钻井中雷口坡组不是取心层位,主要采用岩屑录井,采样间距大,难以发现绿豆岩的存在。川东北地区绿豆岩稳定性差,常有尖灭分叉现象^①,同时由于深埋地下及受构造挤压影响,变形强烈,分布不连续,不易识别,钻井中更难以获取样品。油气部门多以岩性组合和测井曲线特征(图 2),将雷口坡组分为 3 段。

雷三段(T_2l^3):以灰色泥晶灰岩为主,夹薄层灰色硬石膏及含白云质灰岩。自然伽玛曲线以指状中值为主,部分呈块状、峰状低值,深浅测向曲线呈指状、尖峰状。大致对应新场剖面上部灰岩段。

雷二段(T_2l^2):主要为较厚层或块状的硬石膏岩与深灰色白云岩互层夹少量灰岩。本段中下部

灰白色硬石膏岩,常呈块状低自然伽玛值,与之对应的深浅侧向曲线亦常呈尖峰状、块状。大致对应新场剖面膏溶角砾岩,泥质白云岩与白云质泥岩夹灰岩、泥岩段。

雷一段(T_2l^1):灰白色硬石膏岩与灰色、深灰色膏质白云岩、泥质白云岩呈频繁薄互层。自然伽玛曲线、深浅侧向电阻率曲线呈指状、尖峰状,局部块状。大致对应新场剖面下部灰黄色、灰绿色薄层状、页片状泥质白云岩、泥岩、页岩段。该段同下伏嘉陵江组五、四段(T_1j^{5+4})(区域上为大套膏盐岩、白云岩为主夹灰岩)界线清楚,易于对比。嘉五、四段(T_1j^{5+4})自然伽玛曲线呈平缓低-中值,深、浅侧向电阻率曲线呈峰状高值。

3 分析方法及分析结果

本次研究发现“绿豆岩”呈灰白色(图 3-a)、层状、岩性略致密,夹杂在大套的含杂卤石硬石膏岩和石盐岩中,厚度 2~3 cm。显微镜下鉴定结果表明,“绿豆岩”具凝灰结构,矿物成分主要为钾长石、云母和少量石英,其余主要为火山灰(图 3-b)。

本次研究选取了 2 件新鲜样品进行 X 射线衍射分析(XRD)。分析测试工作在中国地质科学院资源所 X 光实验完成,实验设备为 D-8 型(BRUKER 公司)粉末 X 射线衍射仪。测试具体条件为:铜靶/40kv/40mA,锂漂移硅固体探测器,狭缝,DS=SS=1mm,RS=0.1mm,连续扫描方式,扫描速度为 3°/min,采样间隔 0.02°。

XRD 分析结果表明,“绿豆岩”的主要矿物成分为石英、微斜长石、白云母(图 4、图 5)。

4 讨 论

4.1 绿豆岩的特征

“绿豆岩”广泛分布于整个上扬子台地及其边缘,是一套黄绿色、翠绿色、灰白色凝灰岩或水云母化粘土岩,因常含硅质豆粒而得名,且产出稳定,易于识别,常作为区域对比的等时标志层^[9]。绿豆岩在四川盆地内除部分隆起地区剥蚀殆尽外,在其他地区均有分布。由于“绿豆岩”在野外易于识别,可作为雷口坡组底界划分的重要标志层。

年代学方面,王宁祖等^[10]在贵州黔西县大寨地区中三叠统底部绿豆岩中测得锆石 U-Pb 年龄加权平均值为 248.6±2.7 Ma,谐和年龄为 248.7±1.1 Ma。

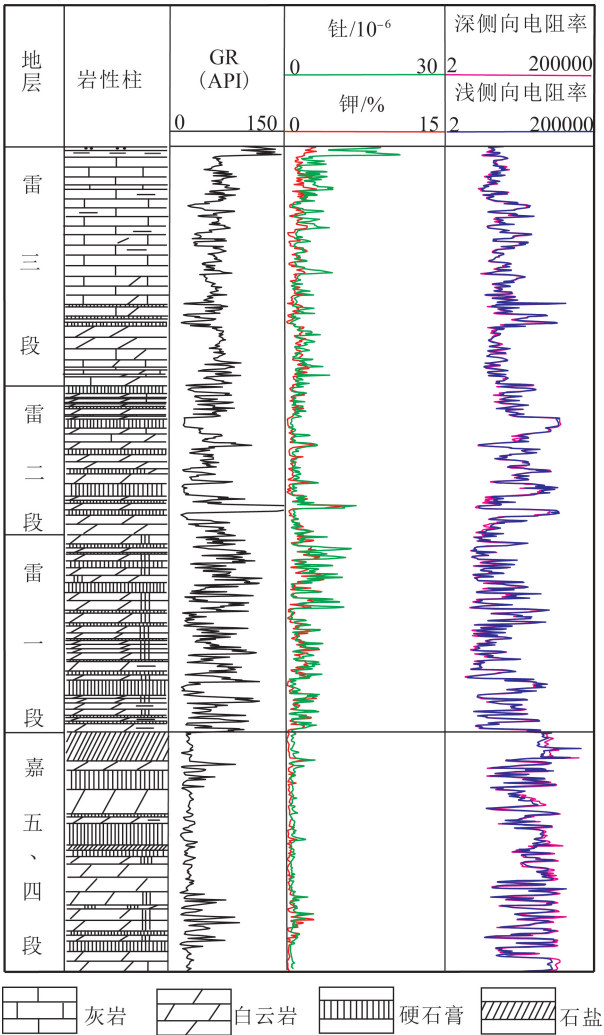


图2 普光地区雷口坡组综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive column of the Leikoupo Formation in the Puguang area

谢韬等^[11]在罗平生物群(安尼阶)下部获得凝灰岩锆石 U-Pb 年龄为 246.6 ± 2.7 Ma。马圣钊等^[12]等在贵州马落箐、辅处的中/下三叠统界线粘土岩样品中测得锆石 U-Pb 年龄加权平均值分别为 248.1 ± 0.8 Ma 和 246.1 ± 0.6 Ma。以上锆石 U-Pb 同位素年龄,在安尼阶候选层型剖面的贵州关刀剖面下一中三叠统界线年龄(247.2 Ma)附近。近年,有学者对川渝地区的“绿豆岩”进行了研究。孙燕等^[13]以重庆铜梁地区“绿豆岩”中的碎屑锆石为研究对象,获得 245.86 ± 0.98 Ma 的谐和年龄,该年龄较下三叠统界线年龄(247.2 Ma)略小。马圣钊等^[12]等在重庆温泉的下/中三叠统界线粘土岩样品中测得锆石 U-Pb 年龄加权平均值为 248.6 ± 0.8 Ma。鞠鹏程等^[14]在渝北温泉镇平洪村剖面获得绿豆岩锆石 U-Pb 年龄加权平均值为 247.2 ± 0.59 Ma。温泉镇的这2组年龄与下一中三叠统界线年龄(247.2 Ma)较接近。因此,“绿豆岩”作为川东北地区雷口坡组底部重要参考标志层是合适的。

4.2 绿豆岩组分

本次发现的“绿豆岩”在川东北宣汉黄金口一带分布不稳定,夹杂在大套含钾盐(杂卤石)的硬石膏岩和石盐岩中,厚度较薄,仅2~3 cm。镜下鉴定,其具有凝灰结构,矿物成分主要为钾长石、云母和少量石英,其余主要为火山灰。X 射线衍射分析(XRD)结果显示,其矿物成分主要为微斜长石、白云母、石英。分析结果表明,该“绿豆岩”为火山喷发形成的酸性凝灰岩,与鞠鹏程等^[14]报道的渝北温泉镇“绿豆岩”成分相似。因此综合定名为富钾长石玻屑凝灰岩。

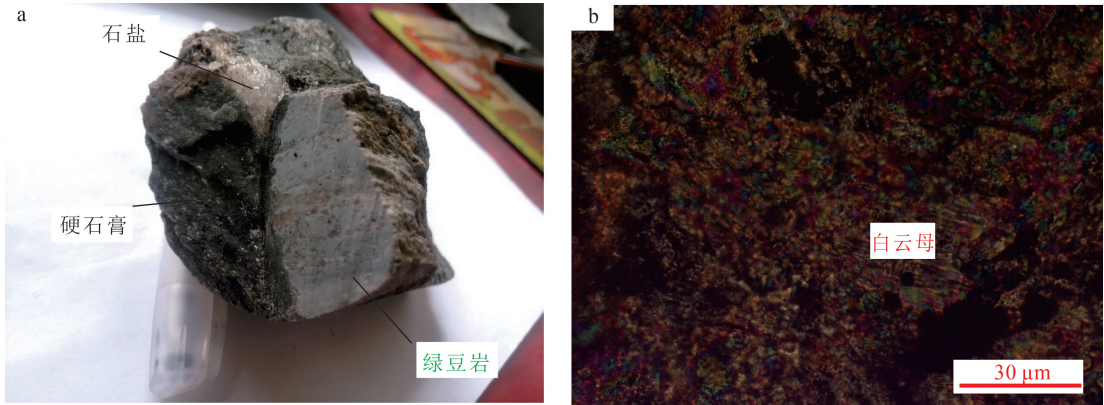


图3 绿豆岩(a,手标本)及其显微镜下特征(b,正交偏光)

Fig. 3 Specimen(a)and microscopic characteristics(b) of the mung bean rock

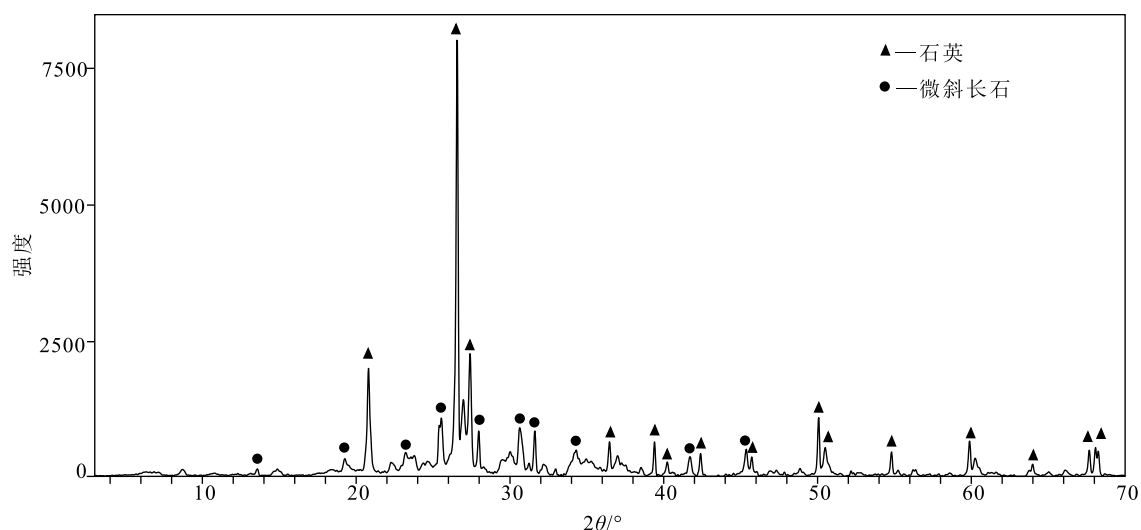


图 4 样品 1 X 射线衍射 (XRD) 图谱

Fig. 4 X-ray diffraction spectrogram of sample 1

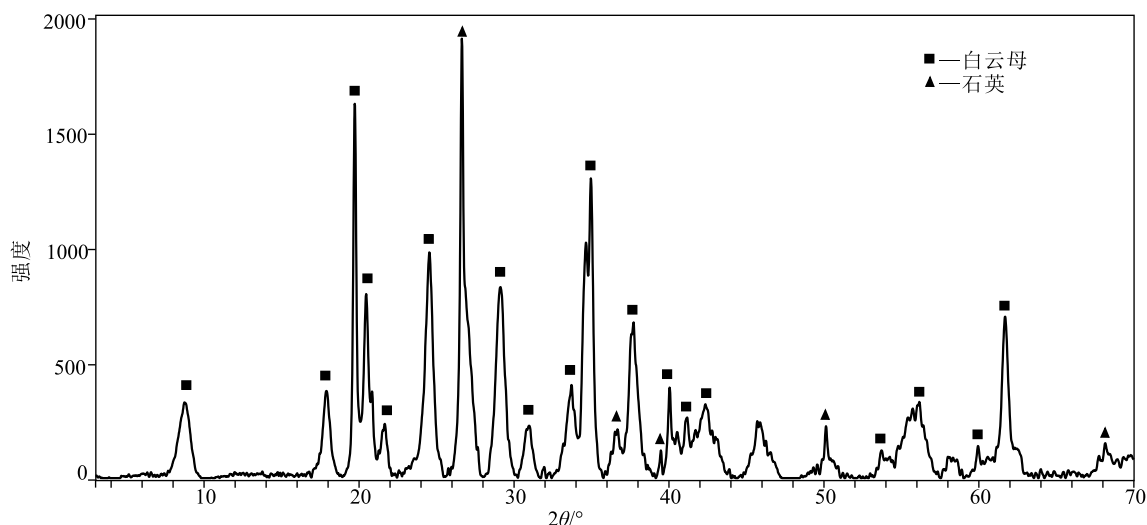


图 5 样品 2 X 射线衍射 (XRD) 图谱

Fig. 5 X-ray diffraction spectrogram of sample 2

4.3 黄金口一带雷口坡组底界划分

“绿豆岩”作为一种富含钾的粘土矿物,在测井曲线上表现为高自然伽玛 (GR)、高中子孔隙度 (CNL)、高声波时差 (AC)、低密度 (DEN)、低电阻率 (RLLD、RLLS) 的“三高两低”特性^[15],在自然伽玛能谱测井曲线上 K、Th 含量偏高 (图 6)^[16]。硬石膏和石盐均具有低自然伽玛 (GR) 的特性。石盐岩易扩径,密度较硬石膏低。在双侧向测井中,石盐深侧向为高值、浅侧向为低值;硬石膏则两者皆为高值。同硬石膏、石盐共生的杂卤石则具 GR 高、电

阻率高、密度高,高 K、低 Th、U 的特点^[16]。因此,可以通过测井曲线特征区别绿豆岩、硬石膏、石盐、杂卤石。

通过同黄金口一带油气井岩性组合和测井曲线特征的对比,笔者在个别油气井中发现“绿豆岩”的踪迹,其通常夹杂在硬石膏和岩盐中,以高 GR、低深、浅侧向电阻率、高 K、低 Th 区别于硬石膏和岩盐,其位于该区油气钻井所划嘉陵江组五、四段 (T_4^{5+4}) 中 (图 6)。

如果以“绿豆岩”作为川东北地区雷口坡组底

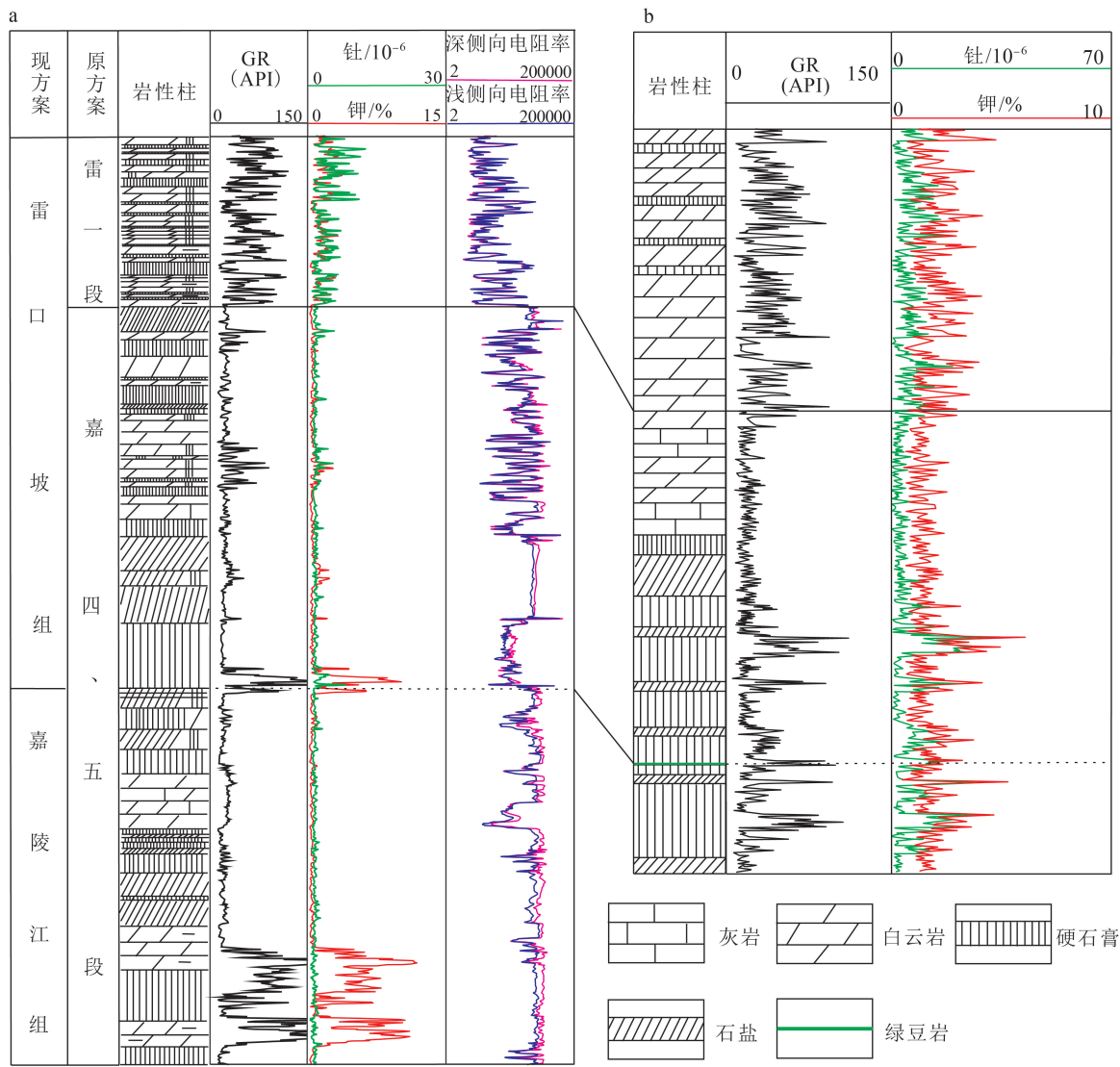


图6 普光X井(a)和钾盐探井(b)综合柱状图

Fig. 6 Comprehensive column of Puguang X well (a) and potash exploration well (b)

部重要参考标志层,黄金口一带现雷口坡组底界应下移,位于原嘉陵江组五段、四段(T_{1j}^{5+4})中,该界线在“绿豆岩”发现井中较原界线低约200 m。

黄可等^[17]根据宣汉渡口和重庆北碚剖面中绿豆岩附近 $\delta^{13}C$ 值的变化特征,认为下一中三叠统界线位于“绿豆岩”之下的嘉陵江组(T_{1j})内部。黄思静等^[18]研究了广安龙门峡南剖面后也持相同的观点。若以 $\delta^{13}C$ 高值作为下一中三叠统界线,则界线还在“绿豆岩”之下。但目前关于下一中三叠统界线处的碳同位素标志还没有一个广为接受的方案, $\delta^{13}C$ 高值作为下一中三叠世的界线还需要数据的进一步积累和论证^[18]。

由于研究区“绿豆岩”厚度较薄,分布不连续,又夹杂在大套膏盐岩中,以“绿豆岩”作为参考标志所划界线在黄金口一带油气勘探井中不易识别。目前大部分钾盐探井的深度还在原界线附近,未达到“绿豆岩”所在层位,随着后续钾盐探井深度的加深,资料的累积,有利于建立含“绿豆岩”井与不含“绿豆岩”间的区域对比标志。

4.4 意义

四川盆地的下一中三叠统一直是中国寻找海相碳酸盐岩型钾盐的重点地区和层位^[19]。川东成盐区宣汉盐盆黄金口构造一带钾盐资源以杂卤石和富锂、钾卤水形式产于嘉陵江组五段(T_{1j}^5)—雷口

坡组一段(T_2I^1)中^[1,4],资源潜力巨大。在前人钾盐勘探工作中,雷口坡组一段和嘉陵江组五段为勘探目的层位,两者界线主要参考油气部门方案。通过本次研究工作,笔者认为两者界线应该下移,钾盐勘探井深部还存在找矿潜力。如图6-a所示,若按原划分方案,则可能漏掉绿豆岩之下杂卤石层(高GR、高K、低Th、高深、浅侧向电阻率)。

本次研究确认了该区“绿豆岩”的存在,可通过对“绿豆岩”上下层位岩性组合及测井曲线特征的分析修正以前的勘探资料,正确划分成矿层位,重新认识该区成钾、成锂的古地理环境及成矿过程,以便指导后续矿产勘探工作。

5 结 论

(1)本次发现的“绿豆岩”为富钾长石玻屑凝灰岩,成分主要为钾长石,白云母,石英、少量火山灰,为火山喷发形成的酸性凝灰岩。

(2)宣汉黄金口一带雷口坡组底界应整体下移,位于原所划分的嘉陵江组五、四段中,前人钾盐勘探井深部还存在找矿潜力。

参考文献

- [1] 仲佳爱,郑绵平,唐学渊,等.川东北黄金口背斜三叠系深部杂卤石特征及成因探讨[J].矿床地质,2018,37(1): 81-90.
- [2] 郑绵平,张永生,商雯君,等.川东北普光地区发现新型杂卤石钾盐矿[J].中国地质,2018,45(5): 1074-1075.
- [3] 林耀庭,姚有成,康正华,等.四川宣达盐盆富钾富卤水地球化学特征及资源意义研究[J].盐湖研究,2004,(1): 8-18.
- [4] Zhong J, Zheng M, Tang X Y, et al. The Discovery of Deep Potassium and Lithium Resources in the Huangjinkou Anticline, Northeast of Sichuan[J]. Acta Geologica Sinica, 2018, 92(3): 1279-1280.
- [5] 马永生,蔡勋育.四川盆地川东北区二叠系—三叠系天然气勘探成果与前景展望[J].石油与天然气地质,2006,(6): 741-750.
- [6] 杜浩坤,蔡其新,肖斌,等.普光地区中三叠统雷口坡组顶部储层分布预测[J].石油地球物理勘探,2017,52(6): 1269-1279.
- [7] 姜志远.普光地区雷口坡组地层发育特征分析[J].化工管理,2017,(29): 175.
- [8] 四川岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997: 154-157.
- [9] 朱忠发,王光新.上扬子地台及其邻区早、中三叠世间绿豆岩沉积前后古地理[J].石油与天然气地质,1986,(4): 344-355.
- [10] 王宁祖,张向文,何碧,等.贵州省黔西县大寨地区中三叠统关岭组绿豆岩锆石 U-Pb 年代学、地球化学特征及地质意义[J].矿物岩石,2019,39(1): 82-91.
- [11] 谢韬,周长勇,张启跃,等.罗平生物群下部凝灰岩锆石年龄及其地质意义[J].地质论评,2013,59(1): 159-164.
- [12] 马圣钊,王登红,孙艳,等.我国西南部 T_1/T_2 粘土岩地质年代学、地球化学特征及其对粘土型锂矿的找矿意义[J].地球科学,2019,44(2): 427-440.
- [13] 孙艳,高允,王登红,等.重庆铜梁地区“绿豆岩”中碎屑锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J].岩矿测试,2017,36(6): 649-658.
- [14] 鞠鹏程,王训练,王振涛,等.渝北温泉镇地区三叠系“绿豆岩”特征及其地质意义[J].现代地质,2020: 1-19.
- [15] 蒲杰,吴霞,李航.四川盆地固态钾盐测井方法研究[J].石油工业计算机应用,2013,(1): 31-34.
- [16] 李利.四川盆地含钾地层测井评价及有利区成钾地质条件分析[D].西南石油大学硕士学位论文,2015.
- [17] 黄可可,黄思静,胡作维,等.四川盆地宣汉渡口和重庆北碚下三叠统海相碳酸盐碳同位素组成与演化[J].古地理学报,2016,18(1): 101-114.
- [18] 黄思静,黄可可,钟怡江,等.四川广安龙门峡南剖面下三叠统海相碳酸盐岩的碳同位素组成与对比[J].中国科学: 地球科学,2017,47(1): 57-71.
- [19] 林耀庭,何金权,叶茂才.论四川盆地下中三叠统成盐模式及找钾方向[J].化工矿产地质,2003,(2): 76-81.
- ①陈凤鸣,徐光庆,王竞存.四川盆地绿豆岩资源特征及重点勘察矿区选点科研总结报告.1992.