

文章编号: 1000-4734(2011)03-0425-09

塔中奥陶系碳酸盐岩流体包裹体特征及其对成岩作用和深部流体作用的指示意义

易金^{1,2}, 曾乔松^{1*}, 李鹏春³, 朱江建^{1,2}, 陈广浩³, 林舸¹

(1. 中国科学院广州地球化学研究所 矿物与成矿重点实验室 广东 广州 510640;
2. 中国科学院研究生院 北京 100049; 3. 中国科学院南海海洋研究所 边缘海地质
重点实验室 广东 广州 510301)

摘要:塔中地区奥陶系碳酸盐岩经历了多期构造运动,具有复杂的埋藏史和地热史,且受深部流体作用改造,成岩作用比较复杂。本文通过对塔中地区6口井奥陶系碳酸盐岩样品开展详细的显微镜岩矿鉴定、流体包裹体岩相学研究及包裹体均一温度和盐度的测定,结合塔中地区构造、地层埋藏史及热演化史等资料,对塔中地区奥陶系成岩作用及深部流体作用进行了探讨。塔中地区奥陶系包裹体大致可以分为4期:第1期包裹体形成于晚加里东-早海西期早成岩期的同生-准同生或表生暴露阶段,温度接近地表温度,包裹体均一温度 $<60\text{ }^{\circ}\text{C}$;第2期形成于晚海西期浅埋藏阶段,包裹体均一温度为 $90\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$;第3期包裹体形成于波动埋藏-深埋藏阶段,包裹体均一温度变化范围较大,为 $120\sim 186\text{ }^{\circ}\text{C}$;第4期包裹体均一温度较高,多分布在 $192\sim 235\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,这期高温流体包裹体的形成应该与岩浆-火山或深部热流体作用有关。另外,包裹体的盐度随均一温度升高而发生变化,这可能反映了塔中地区奥陶系在后期受深部热流体影响。

关键词:塔中地区;奥陶系碳酸盐岩;包裹体;成岩作用;深部流体作用

中图分类号:P579; P581; P588.24; P618.130.1 **文献标识码:**A

作者简介:易金,男,1984年,博士研究生,从事构造地质学及石油地质学研究。E-mail: yijin_2002@126.com

塔里木盆地是我国最大的内克拉通断陷-拗陷复合叠加盆地,具有复杂的埋藏史和地温史,再加上经历了几次岩浆火山作用,尤其是在二叠纪时期盆地普遍受岩浆作用和深部流体作用影响^[1-2],其热演化史就变得更加复杂。油气资源评价结果及勘探实践证明,塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩是一个潜力巨大的勘探领域,而油气的生成、运移、聚集与地温、成岩作用及流体的演化关系密切,所以弄清塔中地区热演化史、成岩作用及其流体演化对塔中地区石油的勘探开发意义重大。包裹体是成岩成矿流体(含气液的流体或硅酸盐熔融体)在矿物结晶生长过程中,被包裹在矿物晶格缺陷或穴窝中,至今尚在主矿物中封存并与主矿物有着相界限的那一部分物质^[3],它记录了矿物形成时的温压条件和流体的性质。均一

温度测定是流体包裹体研究的重要内容,是直接了解古流体温度与推测盆地地温与热演化史的重要依据,而包裹体盐度及成分的测定是了解盆地成矿流体性质、来源的基础^[4-5]。另外,包裹体还是研究成岩作用期次、成岩环境的重要手段。前人通过流体包裹体对该地区的热演化史、成岩作用、深部流体作用及油气成藏史做过一些研究^[2,6-11],但因为研究的出发点不同,以及取样位置和测试矿物的不同,对一些问题的认识如包裹体期次划分还存在争议。本文通过对塔中地区6口井奥陶系碳酸盐岩进行详细的显微镜岩矿鉴定、流体包裹体岩相学研究,结合盐水包裹体均一温度和冰点测定,对塔中地区奥陶系的成岩作用及深部热流体作用进行探讨。

1 地质背景

塔中地区主要指塔中低凸起,其在构造上属于中央隆起带,是塔里木古生代克拉通内长期继承性发展的巨型稳定古隆起,形成于奥陶纪,发展

收稿日期:2011-04-01

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)

(2007CB411402)

* 通讯作者: E-mail: zengqs@gig.ac.cn

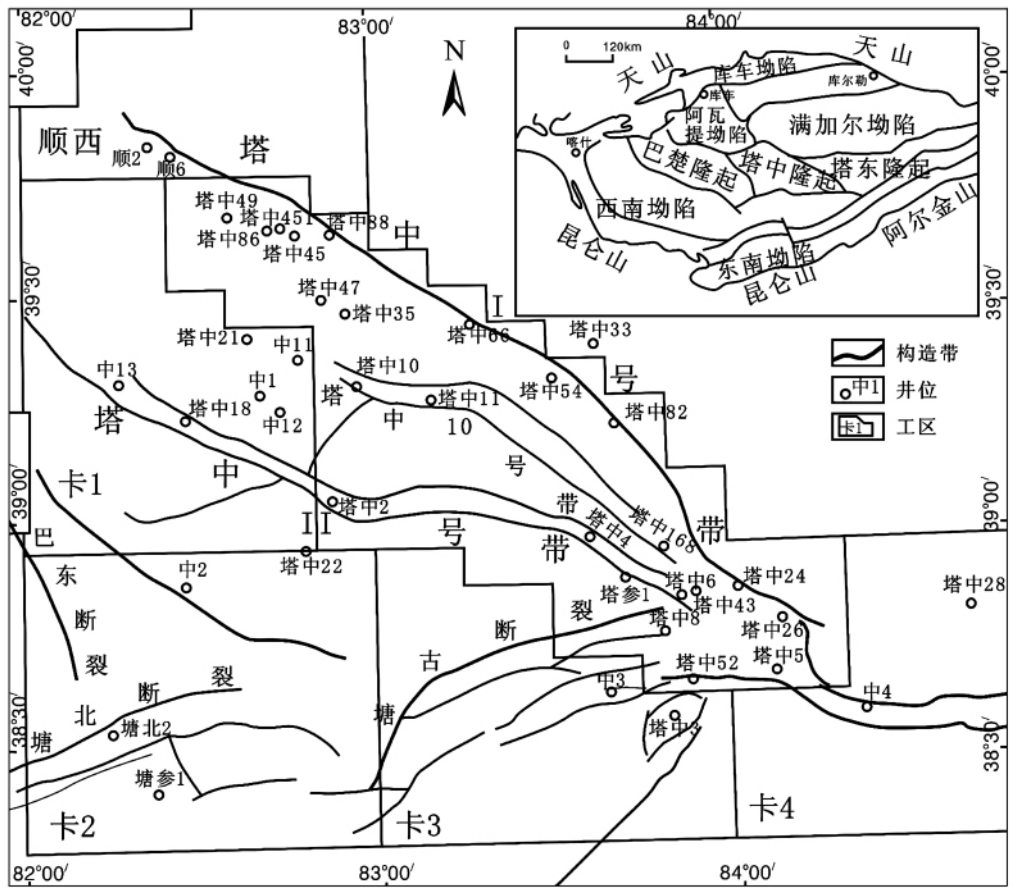


图1 塔中地区构造(T₇⁴)纲要图^[15]

Fig. 1. Tectonic sketch map (T₇⁴) of the Tazhong area.

于志留-泥盆纪,构造定型于泥盆纪末,晚古生代以后基本稳定发展^[12-15]。研究区在塔(里木盆地)中(央)地区属中央隆起的中段,是由台地碳酸盐岩与其上覆碎屑岩组成的一个前石炭纪大型继承性古低隆起构造,是塔里木盆地中央隆起带的一个次级构造单元,称卡塔克隆起(图1)或塔中低凸起。

塔中古隆起主要经历了加里东、海西、印支、燕山、喜马拉雅运动的多期改造,其中最明显的是早奥陶世末的加里东早期、晚奥陶世末的加里东中期、志留纪末期的加里东晚期、泥盆纪末的海西早期及早二叠世末的海西晚期等运动。强烈的海西早期构造运动,以隆起、剥蚀和断裂等活动为主,不仅使上覆的泥盆系地层遭受大范围的剥蚀,同时也使下伏的志留系、奥陶系在部分地区遭受了强烈的剥蚀。海西晚期运动以断裂、褶皱、岩浆活动以及随后的抬升和强烈剥蚀为特征^[13, 16, 17]。

塔中地区奥陶系分布广泛,钻井揭示厚度0~2442 m,局部缺失。根据古生物资料和岩性、电

性特征,奥陶系上统自上而下可分为桑塔木组泥岩段和良里塔格组灰岩段;中统发育良里塔格组含泥灰岩段;下统保存了相当于上丘里塔格组下部的地层鹰山组。该区奥陶系主要为一套海相碳酸盐岩沉积,其下部以白云岩沉积为主,向上逐渐过渡到灰岩沉积。

2 包裹体岩相学

包裹体显微岩相学是划分流体包裹体期次和研究成矿流体性质、来源、活动期次和油气成藏运/聚期次的基础。其研究内容包括成岩矿物世代划分或矿物先后关系、同一世代矿物中流体包裹体赋存状态(原生、次生成因)和包裹体组合(FIA)^[4, 18-23]。通过详细的包裹体镜下观察,了解包裹体与寄主矿物之间的关系以及矿物的结晶次序,是包裹体数据(均一温度、盐度、成分等)得到正确解释的前提^[24]。

塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩埋藏深,成岩作用时间长,经历多期构造变动且受深部

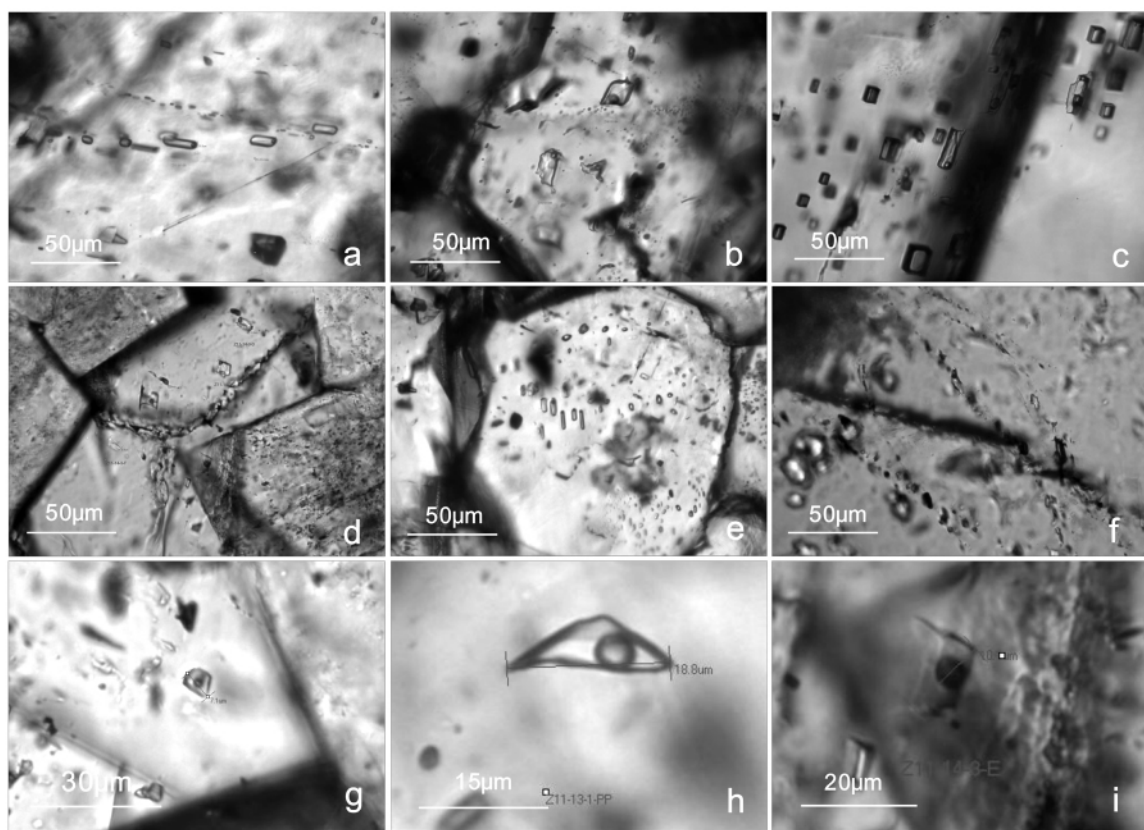
流体作用影响,因此其成岩作用多样复杂,表现出多期、多种成岩效应的叠加。塔中地区胶结作用中等发育,按照胶结物的晶形、结构、地球化学特征,以及成岩环境演变,可识别出3期方解石胶结作用,它们是海底胶结作用、大气淡水胶结作用、埋藏胶结作用。

第一期海底胶结作用: 其产物主要有微晶方解石、纤状方解石、放射纤维状方解石、束状方解石、放射轴状方解石、似球文石和泥晶方解石7种类型;

第二期淡水胶结作用: 以等轴细粒状、等厚的以叶片状、刃状或犬牙状、菱形、六面体粉-细晶方解石为代表;

第三期埋藏期胶结作用: 该期方解石胶结物的共同特征是晶体明亮粗大,一般大于0.1 mm,以单晶或嵌晶形式充填于孔隙或孔洞中心部位。与第一、二期方解石呈胶结不整合接触,或直接与颗粒或洞壁接触,可识别出环带方解石、粗粒亮晶方解石和嵌晶方解石3种类型。

包裹体主要分布在埋藏胶结作用时期形成的溶孔、溶洞、构造裂隙及压实缝合线内充填方解石中,以亮晶方解石中居多。纯液相包裹体,气液两相包裹体,富气包裹体均有发育。纯液相包裹体多为负晶形(图2c),发育于等轴粒状方解石中,冷冻出气泡后测得均一温度为17℃。根据上文对三类方解石胶结物晶型、结构的描述,此类包裹体应为淡水胶结作用时期所捕获。气液包裹体则分为3期,第1期包裹体形状较规则,多为椭圆形,成串成群或随机分布,气液比在5%左右,为原生包裹体(图2a、e)。该期包裹体满足Goldstein提出的FIA概念,均一温度分布范围<15℃,也很可能满足Roedder提出的包裹体分析有效性三原则^[21,25-28],其测温数据有效,能真实反映成岩当时的温压条件。第2期包裹体成片、成线、孤立或无序分布,形状不规则,成线分布的包裹体是裂隙愈合时所捕获的,为次生包裹体。这两期包裹体多发育于溶孔、溶洞、构造裂隙充填的环带方解石、粗粒亮晶方解石和嵌晶方解石中,应该是埋藏



a. 中11# 形状规则且成串分布的原生包裹体; b. 中11# 溶孔充填方解石中的包裹体; c. 中16# 早期形成的纯液相负晶形包裹体,均一温度为17℃; d. 中11# 白云岩中包裹体; e. 顺6# 成群分布的包裹体; f. 顺6# 穿过裂缝的晚期包裹体; g. 中11# 白云石中包裹体; h. 中11# 高温流体包裹体(均一温度395℃); i. 中11# 高温流体包裹体(均一温度258℃)

图2. 塔中奥陶系碳酸盐岩中各种类型包裹体显微照片

期胶结作用时期所捕获的。较少的富气包裹体多成线分布且穿过矿物,是裂隙愈合时捕获的。第3期包裹体形状不规则,孤立分布,气液比在30%左右。

3 包裹体特征

本次测试样品取自塔里木盆地塔中地区奥陶纪地层。共有包裹体薄片12块,分别取自顺6[#]2块,中11[#]2块,中16[#]5块,中17[#]、中13[#]和中12[#]各1块,测得包裹体165个。盐度是按NaCl-H₂O体系推算得出^[3]。以下是对各井的包裹体

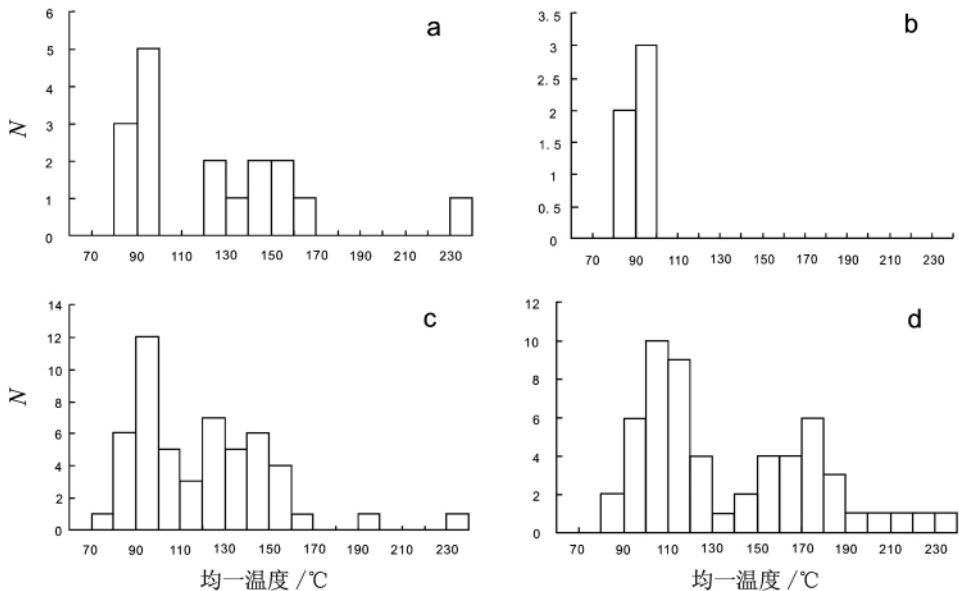
均一温度及盐度数据的分析:

顺6[#]:样品取自奥陶纪浅灰色油斑灰岩和浅灰色颗粒灰岩。根据均一温度可将该井包裹体大致分为89~96℃和124~165℃2期(图3a)根据镜下观测可将包裹体分为原生包裹体和次生包裹体2类。原生包裹体又可以分为2类:一类形状规则呈长椭圆状,成群分布(图2e)。气液比5%左右,均一温度在89~96℃之间,平均温度为92.7℃。盐度偏高,在23%左右;另一类沿方解石晶面分布,为方解石结晶生长时捕获的原生包裹体。气液比8%~10%,均一温度90℃左右

表1 塔中地区奥陶系包裹体均一温度及盐度表

Table 1. Homogenisation temperature and salinity of fluid inclusions of Ordovician carbonate rock in central Triam Basin

井号	埋深/m	宿主矿物	均一温度/℃		盐度/%		形态
			平均	范围	平均	范围	
顺6	6639	胶结方解石	92.7	89~96	22.9	22.85~23.05	长椭圆
			145.5	124~165	13.6	3.4~19.3	不规则
中11	5635	白云石条带	137.2	123~146.4	12.5	1.7~19.5	不规则
	5327.7	胶结方解石	95.3	80~110	22.2	17.2~23.7	椭圆
中16	5365	胶结方解石	140	115~192	13.6	1~24.3	不规则
			17	17			负晶形
			109	83~132	17	6.5~22.4	不规则
			168.2	141~186	11.4	0~17	不规则
中17	5523	胶结方解石	215.6	192~235	17.2	12.9~22.2	不规则
			91.4	83~95.3	19.2	15.7~22.4	不规则
中13	5723	胶结方解石	104	87~115	4.4	0.4~14.4	不规则
			145	145	21.9	21.9	不规则
中12	5308.5	胶结方解石	104	104	16.9	16.9	不规则



a. 顺6[#]; b. 中17[#]; c. 中11[#]; d. 中16[#]

图3 包裹体均一温度直方图

(图3a) 盐度在23%附近。次生包裹体为方解石结晶后由于构造应力作用等因素产生裂缝后又愈合时所捕获(图2f),气液比10%~25%,均一温度在124~165℃,平均温度145.5℃,盐度在3.4%~19.3%(表1)。

中11[#]:包裹体分布于亮晶方解石中(图2a、b、d、g、h、i),以及白云岩的去白云岩化方解石条带中。白云石中包裹体(图2g、i)太小且模糊不利于观察,测得的包裹体数据较少。数据主要来自灰岩的亮晶方解石中,大致可将包裹体分为2期(图2)。第1期包裹体形状为规则的椭圆形,成串分布,气液比为5%~10%。均一温度为80~110℃(图3c),平均温度为95.3℃,盐度为17.2%~23.7%。第2期包裹体形状不规则气液比变化大8%~20%均有分布。均一温度115~192℃。平均均一温度为140℃,盐度变化范围较大。另外,发现方解石和白云石中存在高温流体包裹体,均一温度为258~395℃(图2h、i)。

中16[#]:浅灰色灰质白云岩,溶蚀孔洞被方解石充填并捕获有包裹体。可将包裹体大致分为4期,第1期包裹体为早期淡水渗流环境下形成的纯液相负晶形包裹体(图2c),测得其中1个包裹体的均一温度为17℃;第2期均一温度在83~132℃,平均温度为109℃,盐度在6.5%~22.4%,但以高盐度包裹体居多;第3期包裹体均一温度在141~186℃(图3d),平均温度为168.2℃,盐度大多分布在12%附近,热演化程度较高;第4期包裹体均一温度在192~235℃,平均温度为215.6℃,盐度在12.9%~22.2%之间。另外,发现方解石愈合裂隙中包裹体呈黑色,推测可能是发生了后期演化的稠油包裹体,包裹体内沥青发生分异沉淀和炭化现象。

中17[#]:灰色含灰石白云岩,包裹体多分布在泥晶方解石胶结物之中,包裹体小,均一温度及盐度的测定比较困难,测有5个均一温度及4个盐度数据,均一温度在83~95.3℃,盐度则在15.7%~22.4%,平均均一温度和盐度分别为91.4℃和19.2%(图3b)。

中13[#]:包裹体多发育在亮晶方解石之中,但包裹体细小不便于观测,所测数据偏少,第1期包裹体均一温度87~115℃,平均为104℃。盐度在0.4%~14.4%之间,平均4.4%;第2期包裹体只测得1个,均一温度为145℃,盐度为21.9%。

中12[#]:该井样品中包裹体太小不便于观测,

只测得1个包裹体,均一温度和盐度分别为104℃,16.9%。

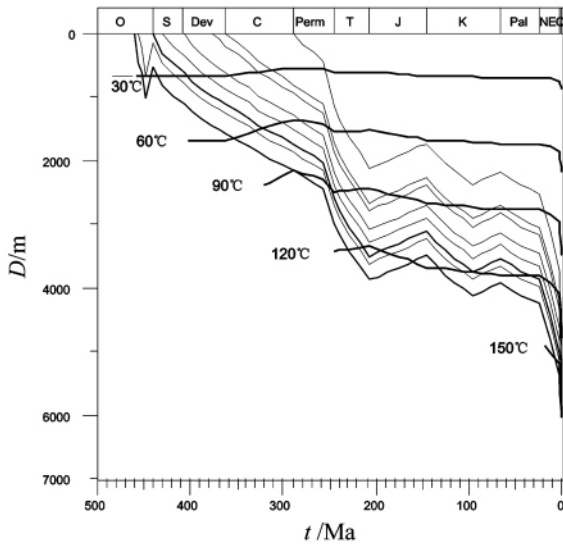
综上所述,根据均一温度并结合包裹体岩相学可将塔中地区奥陶系碳酸盐岩中包裹体分为4期。第1期包裹体为纯液相负晶形,冷冻出气泡后测得均一温度为17℃,应为淡水胶结作用时期渗流环境下方解石胶结所捕获(图2c)。后3期为气液两相包裹体,多发育于环带方解石、粗粒亮晶方解石和嵌晶方解石,以单晶或嵌晶形式充填于孔隙或孔洞中心部位。第2期包裹体形状较规则,成串成群或随机分布,气液比在5%~10%。均一温度多分布在90~110℃,盐度多在23%附近。第3期包裹体形状不规则,成线、随机或无序分布,气液比在10%~20%。均一温度分布在120~186℃,盐度变化范围较大。从均一温度来看,这两期流体包裹体应该是在埋藏成岩阶段被胶结方解石所捕获的,少数包裹体温度较高,应该是深部热流体作用影响的结果。第4期包裹体均一温度较高,多分布在192~235℃,有两个包裹体均一温度甚至达到258℃和395℃。这期高温流体包裹体的形成应该与岩浆-火山或深部热流体作用有关。

4 讨论

4.1 成岩作用

塔中地区奥陶系经历了复杂的埋藏史,奥陶系沉积物沉积后,在海水环境下普遍发生泥晶化作用,纤维状、栉壳状方解石常见,同生干裂角砾间充填物与角砾成份一致。随后发生海退,进入早期大气淡水成岩环境,具有典型的大气渗流和潜流带特征。在晚奥陶世发生海侵,接受晚奥陶世桑塔木组沉积而被浅埋,进入浅埋地层水成岩环境。在奥陶纪末期,由于构造运动,塔中整体被抬升暴露,并遭受剥蚀,进入表生淡水成岩环境,岩溶十分发育。在泥盆纪发生海侵,接受泥盆纪沉积,从而又被埋藏,在泥盆纪晚期,局部被抬升暴露再次进入表生淡水成岩环境。随后发生广泛海侵,接受了石炭系、二叠系沉积,进入埋藏成岩环境,由于海西期-印支期构造运动影响,地层有升有降,所以为波动埋藏过程。燕山期以来,随着埋藏深度不断增加,进入深埋成岩环境(图4)。

塔中地区奥陶系经历了复杂的地热史^[29],李慧莉利用磷灰石裂变径迹与镜质体反射率反演计



资料来源: 中国石化西部新区勘探指挥部(2005),
中13[#]单井综合评价文字报告

图4 中13[#]埋藏热历史(D-埋深, t-年龄)

Fig. 4. Burial and thermal history of the Zhong 13 well.

算了塔中地区3口井的地质热历史。认为塔中地区自古生代以来古地温总体呈下降趋势,其间存在2个相对较高的古地温期,一个是寒武纪—早奥陶世,另一个是二叠纪;早古生代塔中地区古地温梯度较高,寒武纪—早奥陶世地温梯度为32~35 °C/km,此后地温梯度显著下降;石炭纪古地温略有上升,二叠纪时地温梯度可能达到30 °C/km;中生代古地温梯度平缓下降,中生代末地温梯度25 °C/km左右;新生代地温梯度变化不大,现今地温梯度22 °C/km左右^[30-31]。总体上,研究区大致经历了两次加热事件。430 Ma左右的快速冷却与志留纪时期的古隆起事件有关,造成中上奥陶统普遍抬升地表遭受剥蚀。自志留纪隆升剥蚀降温后随着晚古生代地层沉积而缓慢加热,在二叠纪有一次快速加热事件,最高古地温可达140 °C,随后缓慢冷却,第二次升温时间开始白垩纪,于10 Ma左右达到第二次最大埋藏温度150 °C,这可能与喜马拉雅运动影响有关。

结合盆地埋藏史和热演化历史分析得出,第1期包裹体形成于晚加里东—早海西期早成岩期的同生—准同生或表生暴露阶段,温度接近地表温度,包裹体均一温度<60 °C;第2期为晚海西期浅埋藏条件下,包裹体均一温度为90~105 °C,随后进入波动埋藏—深埋藏阶段,包裹体均一温度变化范围较大120~185 °C。反映了岩溶期及其后地

层流体温度不断升高变化的多期成岩作用过程。

4.2 深部流体作用

塔里木盆地分别在震旦纪寒武纪、早奥陶世、二叠纪和白垩纪先后经历了4次地质热事件^[29],其中二叠纪岩浆作用最为强烈,在塔里木盆地分布最为广泛,影响也最大。岩浆—火山作用必然伴随着深部流体的活动,大量研究显示塔中地区奥陶系碳酸盐储层受后期深部流体作用改造,溶蚀、交代作用明显^[2,6,10-11,32-37]。

岩心录井资料显示,塔中地区火成岩特别是二叠纪火成岩非常发育。其中,中16[#]揭示的二叠纪火成岩厚1088 m,岩性复杂,岩心和岩屑薄片镜下鉴定见凝灰岩、玄武岩、安山岩、火山角砾岩岩石类型等。而岩浆作用带来的高温及热液流体导致地层中流体性质发生变化,从而引起碳酸盐矿物的胶结、交代或重结晶,形成高温包裹体^[2],而这时矿物结晶所捕获的包裹体则记录了当时的温压条件及流体性质。另外,高温流体会造成早期形成的包裹体发生再平衡作用^[22,27,38]。因此,塔中地区奥陶系方解石和白云石中出现的一批高温流体包裹体很有可能与深部流体作用特别是二叠纪的岩浆热液作用有关。

前人对塔中地区奥陶系碳酸盐岩流体包裹体测温研究表明,该地区碳酸盐岩包裹体的均一温度变化范围很大,为70~310 °C之间,存在一期高温流体包裹体^[6,9,39]。将本次研究中各井的均一温度数据进行综合对比分析,发现中16[#]的包裹体均一温度较其它井偏高。其第3期包裹体均一温度在141~186 °C,平均温度为168.2 °C,热演化程度高,且发现有一期均一温度超过200 °C的流体包裹体。另外,中11[#]不同期次方解石和白云石中也存在一期高温流体包裹体,均一温度为258~395 °C^[37](图2h,i)。前人研究及本次实验中的高温流体包裹体反映了地质时期的高温过程和大规模的深部热液流体活动特征。

将均一温度与盐度数据进行综合分析,发现均一温度为90~105 °C的那一期形状规则、成群或成串分布的原生流体包裹体的盐度较高,主要分布在17.2%~23.7%(表1),而之后两期温度较高的包裹体的盐度分布范围较宽,中11[#]尤为明显(图5),这说明奥陶系地层受深部热流体作用,温度升高且流体性质发生变化。

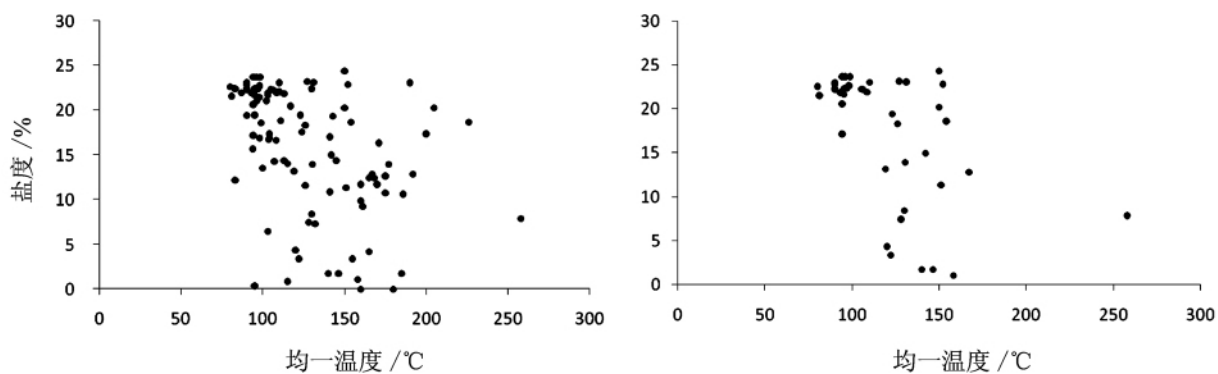


图5 均一温度与盐度关系图(左:所有井;右:中11#)

Fig. 5. Relationship between homogenisation temperature and salinity.

5 结论

(1) 塔中地区奥陶系包裹体大致可以分为4期,第1期包裹体形成于晚加里东-早海西期早成岩期的同生-准同生或表生暴露阶段,温度接近地表温度,包裹体均一温度 $<60\text{ }^{\circ}\text{C}$;第2期形成于晚海西期浅埋藏阶段,包裹体均一温度为 $90\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$;第3期包裹体形成于波动埋藏-深埋藏阶段,包裹体均一温度变化范围较大为 $120\sim 186\text{ }^{\circ}\text{C}$,反映了深埋藏成岩阶段地层流体温度不断升高变化

的多期成岩作用过程。第4期包裹体均一温度较高,多分布在 $192\sim 235\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围,这期高温流体包裹体的存在表明奥陶系碳酸盐岩地层经历了岩浆-火山作用或深部热液流体作用改造。

(2) 均一温度在 $90\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的早期原生包裹体的盐度偏高,主要集中在 $17.2\%\sim 23.7\%$,但均一温度较高的后期包裹体的盐度稍低,且盐度变化范围大。这说明地层中流体受深部热液流体影响其流体性质发生了明显的变化。

参 考 文 献:

- [1] 朱夏,徐旺,等. 中国中生代沉积盆地[M]. 北京:石油工业出版社,1987:212.
- [2] 吕修祥,杨宁,解启来,杨海军. 塔中地区深部流体对碳酸盐岩储层的改造作用[J]. 石油与天然气地质,2005,26(3):284-289.
- [3] 卢焕章,范宏瑞,等. 流体包裹体[M]. 北京:科学出版社,2004:20-22.
- [4] 刘德汉. 包裹体研究-盆地流体追踪的有力工具[J]. 地学前缘,1995,(2):3-4.
- [5] 刘德汉,肖贤明,田辉,卢家烂,闵育顺. 含油气盆地中流体包裹体类型及其地质意义[J]. 石油与天然气地质,2008,29(4):291-501.
- [6] 王嗣敏,金之钧,解启来. 塔里木盆地塔中45井区碳酸盐岩储层的深部流体改造作用[J]. 地质论评,2004,50(5):543-547.
- [7] 朱东亚,胡文珪,宋玉才,金之钧. 塔里木盆地塔中45井油藏萤石化特征及其对储层的影响[J]. 岩石矿物学杂志,2005,24(3):205-215.
- [8] 单秀琴,钱玲,胡国艺,王春怡,孙庆伍. 塔中奥陶系碳酸盐岩中流体包裹体特征及其在油气成藏中的应用[J]. 矿物岩石地球化学通报,2006,25(1):37-41.
- [9] 钱一雄,尤东华. 塔中地区西北部奥陶系白云岩(化)成因分析[J]. 新疆石油地质,2006,27(2):146-150.
- [10] 李开开,蔡春芳,蔡缪璐,张春明. 塔中地区上奥陶统热液流体与热化学硫酸盐还原作用[J]. 石油与天然气地质,2008,29(2):217-222.
- [11] 朱东亚,金之钧,胡文珪. 塔中地区热液改造型白云岩储层[J]. 石油学报,2009,30(5):698-704.
- [12] 贾承造,魏国齐,姚慧君,等. 塔里木盆地构造演化与区域构造地质[M]. 北京:石油工业出版社,1995:1-174.
- [13] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1997:279-283.
- [14] 赵靖舟,王清华,时保宏,秦胜飞,刘洪军,杨斌谊,曹青. 塔里木古生界克拉通盆地海相油气富集规律与古隆起控油气论[J]. 石油与天然气地质,2007,28(6):703-712.
- [15] 李鹏春,刘春晓,张渊,龙利平,张利红,任淑芳. 塔中顺西区块奥陶系礁滩复合体裂缝特征及成因[J]. 石油学报,2008,29(5):694-700.
- [16] 汤良杰. 略论塔里木古生代盆地演化[J]. 现代地质,1997,11(1):14-20.
- [17] 张振生,李明杰,刘社平. 塔中低凸起的形成和演化[J]. 石油勘探与开发,2002,29(1):28-31.

- [18] James N P , Choquette P W. Diagenesis 5: Limestones: Introduction [J]. *Geosci Can* ,1983 ,10: 159-161.
- [19] Munz I A. Petroleum inclusions in sedimentary basins: Systematics , analytical methods and applications [J]. *Lithos* ,2001 ,55: 195-211.
- [20] Tucker M , Wright V P. *Carbonate Sedimentology* [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications ,1990: 482.
- [21] Goldstein R H , Reynolds T J. Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals [J]. *SEPM Short Course* ,1994 ,31: 199.
- [22] Goldstein R H. Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems [J]. *Lithos* ,2001 ,55: 159-193.
- [23] Goldstein R H. Petrographic analysis of fluid inclusions [A]. Samson I , Anderson A , Marshall D. *Fluid Inclusions Analysis and Interpretation* [C]. Mineralogical Association of Canada , Short Course Series ,2003 ,32: 9-53.
- [24] Van den Kerkhof A M , Hein U F. Fluid inclusion petrography [J]. *Lithos* ,2001 ,55(1-4) : 27-47.
- [25] Roedder E. Fluid inclusions [J]. *Reviews in Mineralogy* ,1984 ,12: 644.
- [26] Bodnar R J. Introduction to fluid inclusions [A]. Samson I , Anderson A , Marshall D. *Fluid Inclusions Analysis and Interpretation* [C]. Mineralogical Association of Canada. Short Course Series ,2003 ,32: 1-8.
- [27] Bodnar R J. Reequilibration of fluid inclusions [A]. Samson I , Anderson A , Marshall D. *Fluid Inclusions-Analysis and Interpretation* [A]. Mineralogical Association of Canada. Short Course Series ,2003 ,32: 213-231.
- [28] 池国祥 , 卢焕章. 流体包裹体组合对测温数据有效性的制约及数据表达方法 [J]. 岩石学报 2008 24(9) : 194-1953.
- [29] 陈汉林 , 贾承造. 塔里木盆地地质热事件研究 [J]. 科学通报 ,1997 42(10) : 1096-1099.
- [30] 李慧莉 , 邱楠生 , 金之钧 , 杨海军 , 李宇平. 塔里木盆地塔中地区地质热历史研究 [J]. 西安石油大学学报(自然科学版) 2004 ,19(4) : 36-39.
- [31] 李慧莉 , 邱楠生 , 金之钧. 利用磷灰石裂变径迹研究塔里木盆地中部地区的热历史 [J]. 地质科学 2005 40(1) : 129-132.
- [32] 黄思静 , 刘树根 , 李国蓉 , 张萌 , 武文慧. 奥陶系海相碳酸盐锶同位素组成及受成岩流体的影响 [J]. 成都理工大学学报(自然科学版) 2004 31(1) : 1-8.
- [33] 李纯泉 , 陈红汉 , 张希明 , 陈汉林. 塔河油田奥陶系储层流体包裹体研究 [J]. 石油学报 2005 26(1) : 42-46.
- [34] 朱东亚 , 金之钧 , 胡文瑄 , 张学丰. 塔里木盆地深部流体对碳酸盐岩储层影响 [J]. 地质论评 2008 54(3) : 348-354.
- [35] 聂保锋 , 于炳松 , 刘永顺 , 许哲平 , 阳效法 , 杨永恒. 塔里木盆地塔中-巴楚地区侵入体温度场演化特征及其与油气储层的关系 [J]. 石油与天然气地质 2008 30(1) : 60-73.
- [36] 胡明毅 , 蔡习尧 , 胡忠贵 , 钱勇 , 向娟. 塔中地区奥陶系碳酸盐岩深部埋藏溶蚀作用研究 [J]. 石油天然气学报 2008 31(6) : 49-54.
- [37] 刘春晓 , 李铁刚 , 刘城先. 塔中地区深部流体活动及其对油气成藏的热作用 [J]. 吉林大学学报(地球科学版) 2010 40(2) : 280-285.
- [38] Osborne M , Haszeldine S. Evidence for Resetting of Fluid Inclusion Temperatures from Quartz Cements in Oilfields [J]. *Marine and Petroleum Geology* ,1993 ,10(3) : 271-278.
- [39] 吕修祥 , 杨宁 , 解启来 , 李建交. 塔里木盆地深部流体改造型碳酸盐岩油气聚集 [J]. 科学通报 2007 52(增刊 1) : 142-148.

Ordovician Carbonate Rock Inclusion Features and Its Indicative Significance to Diagenesis and Deep Fluids Action in Tazhong Area , Tarim Basin

YI Jin^{1,2} , ZENG Qiao-song¹ , LI Peng-chun³ , ZHU Jiang-jian^{1,2} , CHEN Guang-hao³ , LIN Ge¹

(1. Key Laboratory of Mineral and Mineralization , Guangzhou Institute of Geochemistry , Chinese Academy of Sciences , Guangzhou 510640 , China; 2. Graduate University , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100049 , China; 3. Key Laboratory of Marginal Sea Geology , South China Sea Institute of Oceanology , Chinese Academy of Sciences , Guangzhou 510301 , China)

Abstract: Ordovician carbonate rocks in Tazhong area , Tarim Basin have a complicate burial and thermal history. They were experienced multistage tectogenesis and reconstructed by deep fluids , so their diagenesis was complicated. According to rock-mineral identification , fluid inclusion petrography , homogenisation temperature and salinity measurement of Ordovician carbonate rock samples of 6 well , and combining with tectonic evolutionary , burial and thermal history data , diagenesis and deep hydrothermal fluids of Ordovician carbonate rocks from the Tazhong area are researched in this paper. Fluid inclusions of Ordovician carbonate rocks can be divided into four groups. The first group was formed at contemporaneous – penecontemporaneous or epidiagenetic stage of early diagenesis period from late Caledonian to early Hercynian , its homogenization temperature is less than 50 ~ 60 °C. The second group was formed at shallow burial diagenesis period of late Hercynian , its homogenization temperature is in the range from 90 °C to 105 °C . The third group was formed at the period from wave burial to deep burial diagenesis , its homogenization temperature is in the range from 90 °C to 105 °C. The homogenization temperature of the forth group is higher and concentrates in the range from 192 °C to 235 °C. The formation of the forth group of high temperature fluid inclusions is most likely related with magmatism or deep hydrothermal fluids. Besides , the phenomenon that salinity varies with the increase of homogenization temperature shows that the Ordovician carbonate rocks in Tazhong area were influenced by deep hydrothermal fluids.

Key words: Tazhong; Ordovician carbonate rock; inclusions; diagenesis; deep hydrothermal fluids