

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2020.03.09

引用格式: 王燚,杨学俊,白宪洲,等. 青海省河南县三叠系伊利石结晶度与极低级变质作用[J]. 中国地质调查,2020,7(3): 67-74.

青海省河南县三叠系伊利石结晶度与极低级变质作用

王 燚, 杨学俊, 白宪洲, 叶春林, 贾小川, 熊昌利, 黄柏鑫, 罗 改

(1. 四川省地质调查院, 成都 610081; 2. 四川稀有稀土战略资源评价与利用重点实验室, 成都 610081)

摘要: 在开展“青海省河南县托叶玛地区 I47E007023、I47E008023、I47E009023、I147E009024 四幅 1:5 万区域地质矿产调查”时,为验证该地区三叠系变质情况,针对三叠系中泥岩(页岩)的伊利石结晶度做了分析测试。30 件样品的实验结果表明:北部宗务隆—泽库地层分区三叠系泥岩(页岩)伊利石 Kübler 结晶度指数为 0.312~0.537,晶胞参数 b_0 为 0.898 0~0.903 2 nm,判断其变质温度小于 350 ℃,具葡萄石—绿纤石和沸石相;南部西倾山地层分区三叠系泥岩(页岩)的伊利石 Kübler 结晶度指数为 0.21~0.318, b_0 为 0.898 1~0.901 4 nm,变质温度主要分布在 200~350 ℃,局部 >350 ℃,具葡萄石—绿纤石和绿片岩相。研究认为青海省河南县地区区域变质程度较低,为极低级变质作用或者未发生区域变质作用,且南部西倾山地层分区的变质程度略高于北部宗务隆—泽库地层分区变质程度。这一变质相带研究结论与前人认为的“区域低温动力变质作用及低绿片岩相变质带”不一致,变质程度相对更低。该研究证实了在青海省河南县地区三叠系地层中不存在大面积区域变质作用,仅存在极低级区域变质作用。

关键词: 极低级变质作用; 晶胞参数 b_0 ; 青海省河南县; Kübler 结晶度指数

中图分类号: P578.963; P588.34 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2020)03-0067-08

0 引言

河南蒙古族自治县位于青海省东南部。根据前人资料^[1-2]研究认为:研究区的区域变质岩主要为印支期区域低温动力变质岩,主要分布在宗务隆—泽库地层分区的三叠系隆务河组和古浪堤组,以及西倾山台地晚泥盆世—早中三叠世地层中;主要岩石类型有大理岩、变火山岩、变砂岩、板岩和千枚岩,属于低绿片岩相变质带;宗务隆—泽库变质带的变质程度高于西倾山。

20 世纪中期开始逐渐有科学家研究成岩作用及低级变质作用与埋深连续性的关系^[3-10],1967—1968 年 Kübler^[11]采用 X 射线衍射技术(XRD)测量伊利石结晶度,提出了 Kübler(以下简称 *K. I.*)

指数(也被称之为伊利石结晶度(*IC*)),是伊利石 1 nm 衍射峰的半高宽),被广泛应用于研究低级、极低级变质作用,并且实现了极低级变质带的划分^[12-15]。近年来逐渐有我国学者采用伊利石结晶度来研究各地的极低级变质作用^[16-18]。目前国际上较为常用的方法采用 *K. I.* 指数判断极低级变质作用的范围。鉴于此,本次系统采集了样品进行伊利石结晶度、晶胞参数 b_0 等研究,从而判断青海省河南县地区三叠系的极低级变质作用。本次研究^[19]在野外调查期间未在三叠系中发现大面积区域变质作用,且薄片也未见区域变质作用,故推测该地区可能仅存在极低级区域变质。为了证实这个推测,本次分别在调查区内 5 个地方共采集了 30 个样品进行伊利石结晶度分析,用以判断该地区三叠系是否发生区域变质作用。

收稿日期: 2019-04-04; 修订日期: 2020-03-17。

基金项目: 青海省原国土资源厅“青海省河南县托叶玛地区 I47E00723、I47E00823、I47E00923、I47E00924 四幅 1:5 万区域地质矿产调查(编号:中铝基金 200803)”项目资助。

第一作者简介: 王燚(1985—),男,工程师,主要从事地质学、自然地理学研究。Email: wangyi35799999@163.com。

1 研究区概况

青海省河南县一带位于秦岭造山带泽库中生代弧后前陆盆地褶断带与西倾山(隐伏)微地块交接部位。南邻康西瓦—木孜塔格—阿尼玛卿晚古生代结合带,北临宗务隆山—青海南山晚古生代—早中生代裂陷带,西接昆仑造山带,为3大构造域过渡衔接部位。构造形迹总体呈NW、NS向展布,

反映研究区经历多次强烈构造运动。

调查区《青海省区域地质志》^[1]以一条推断的断裂为界将该区分为华北地层大区和华南地层大区,断裂以北为华北地层大区的秦祁昆地层区之宗务隆山分区,断裂以南为华南地层大区的南秦岭—大别山地层区的西倾山小区。1:25万河南县幅区域地质调查^[2]将研究区划分为宗务隆—泽库地层分区和西倾山地层分区(图1)。

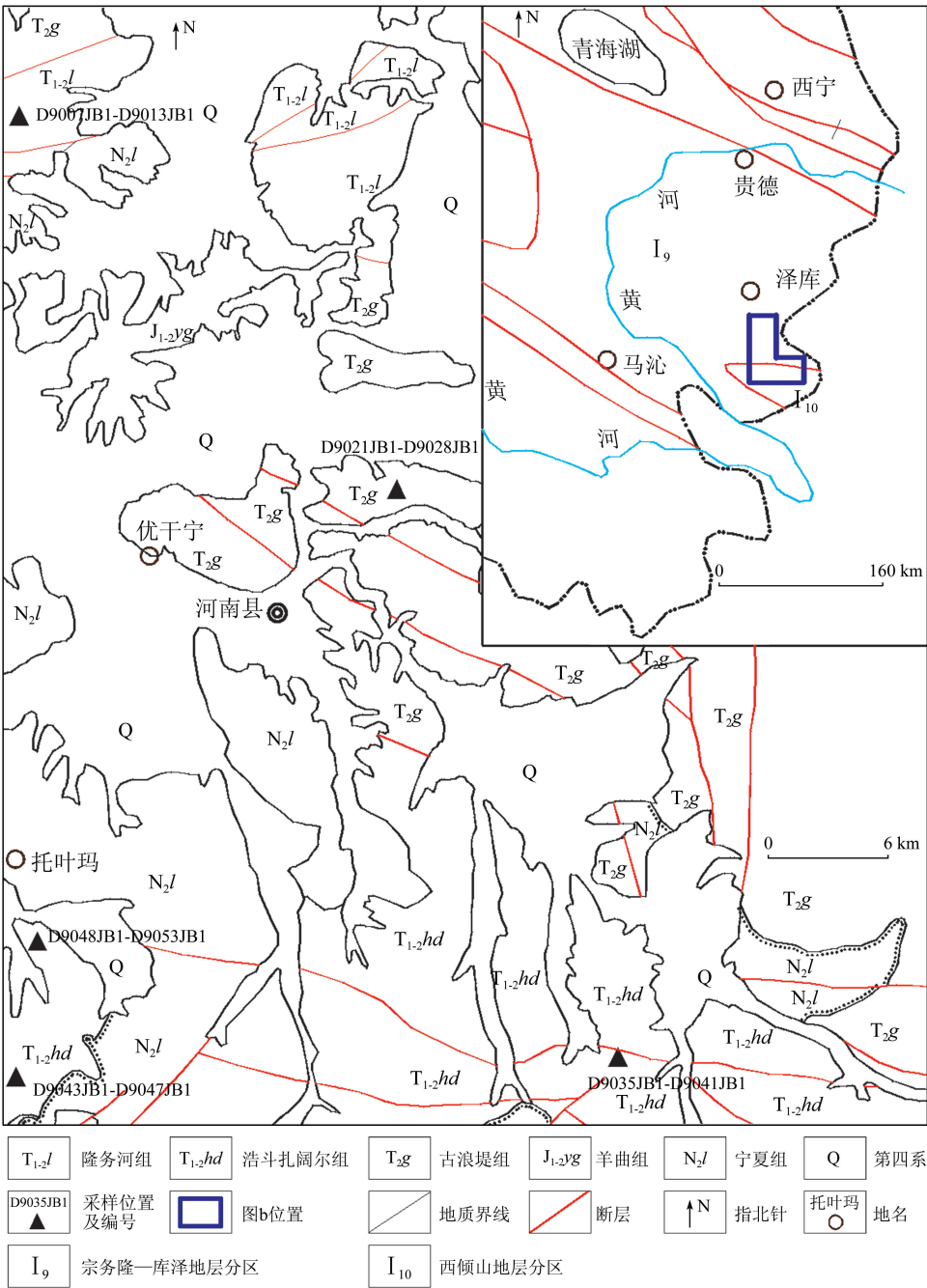


图1 研究区地质简图和样品采集位置^[19]

Fig. 1 Geological sketch and sampling position in the study area^[19]

2008—2012 年四川省地质调查院在该地区开展了青海省托叶玛等 4 幅区域矿产地质调查^[19]。本次调查以河南—赛尔龙隐伏断裂为界,将调查区划分为 2 个分区,断裂北侧为宗务隆—泽库地层分区,而断裂南侧为西倾山地层分区。

本次研究主要涉及宗务隆—泽库地层分区的三叠系隆务河组($T_{1-2}l$)、古浪堤组(T_2g)和西倾山地层分区的三叠系浩斗扎阔尔组($T_{1-2}hd$)。

2 岩石学特征

隆务河组主要为一套青灰、黄灰绿色中—厚层中—粗粒岩屑长石砂岩、岩屑砂岩、粉砂岩与粉砂质泥(页)岩、泥(页)岩组成的不等厚韵律层,发育交错层理、粒序层理、重荷模等沉积构造。古浪堤组主要为一套灰绿色、灰色、厚—中厚层状、中—细

粒含砾岩屑砂岩、岩屑长石砂岩、粉砂岩与泥(页)岩、粉砂质泥(页)岩组成的不等厚韵律互层,局部还可以见到极少量的砂质灰岩和砂质白云岩。浩斗扎阔尔组由碳酸盐岩向上变为砂泥(页)岩夹碳酸盐岩,至最上部的碳酸盐岩减少、厚度变薄的岩性组合。

本次在三叠系中总共采集薄片样品 186 个,其中岩屑石英砂岩 8 个、长石石英砂岩 6 个、长石岩屑砂岩 129 个、粉砂岩 23 个、角岩化砂岩 1 个。从调查区样品薄片分析鉴定结果(表 1,表 2)可以看出根据该地区三叠系中主要岩性为岩屑石英砂岩、长石石英砂岩、长石岩屑砂岩、粉砂岩、黏土岩,变质岩样品中见有 1 个角岩化砂岩,未见有区域变质岩,并且在所有岩石样品中均未见变质矿物,说明本地区区域变质作用不发育。

表 1 样品薄片分析砂岩鉴定结果
Tab.1 Sandstone identification results of sample slices

样品定名	样品个数	石英含量	斜长石含量	钾长石含量	岩屑含量及岩性特征	杂基	充填和胶结物	结构
岩屑石英砂岩	8	72% ~ 75% , 个别 48%	<2% , 个别 6%	<3%	8% ~ 29% , 主要由火山岩、凝灰岩、板岩、灰岩、黏土岩组成	部分样品中见有杂基,其含量 <6% , 主要成分为微粒石英和水云母	7% ~ 14% , 硅质、方解石、褐铁矿	砂状结构
长石石英砂岩	6	71% ~ 74%	5% ~ 8%	2% ~ 4%	2% ~ 7% , 主要由凝灰岩、板岩和黏土岩组成	含量 3% ~ 7% , 主要成分为微粒石英和高岭石	含量 8% ~ 12% , 主要成分为硅质和方解石	砂状结构
长石岩屑砂岩	129	30% ~ 45%	6% ~ 24%	3% ~ 14%	8% ~ 39% , 个别 50% , 主要由火山岩、凝灰岩、板岩、黏土岩、石英岩组成,个别样品中含有千枚岩、灰岩、白云岩、页岩	6% ~ 10% , 由石英、水云母和高岭石组成	9% ~ 12% , 主要是硅质和方解石,其次是褐铁矿和白云石	砂状结构
粉砂岩	23	68% ~ 85%	1% ~ 6%	<4%	——	——	9% ~ 20% , 个别 28% , 主要成分是石英,部分样品见硅质、褐铁矿和水云母	粉砂状结构
角岩化岩屑砂岩	1	27%	17%	13%	含量 26% , 由火山岩和凝灰岩以及少量的云母碎片组成	杂基为高岭石和微粒石英,含量分别是 5% 和 3%	硅质胶结,硅质含量为 9%	变余砂状结构

表 2 样品薄片分析黏土岩鉴定结果

Tab.2 Clayrock identification results of sample slices

样品定名	样品数	黏土矿物	混入物
黏土岩	19	黏土矿物含量 62% ~ 100% , 主要成分是高岭石和水云母,个别样品中含有高岭石,其含量约 72%	含量为 0% ~ 38% , 主要成分是石英和方解石,部分样品中见有白云母、褐铁矿、白云母

万方数据

3 样品采集与实验方法

3.1 样品采集

本次工作在三叠系中一共采集 30 件样品进行伊利石结晶度测试,均为黏土类岩石(泥岩或页岩),这些样品的采样位置见图 1,野外岩性照片见图 2。



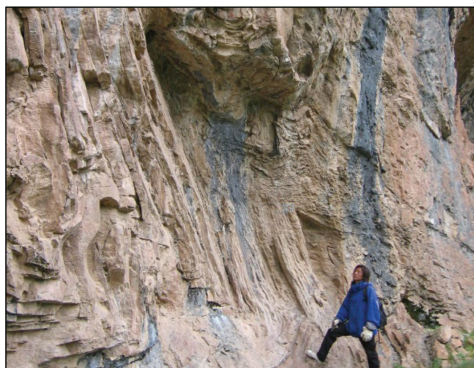
(a) 隆务河组砂岩夹页岩



(b) 隆务河组砂岩页岩互层



(c) 浩斗扎阔尔组砂岩、页岩夹灰岩



(d) 浩斗扎阔尔组页岩、灰岩互层

图 2 河南县地区野外地质岩性特征

Fig. 2 Field geological and lithologic characteristics of Henan County

30 件样品的采样位置见图 1(b)。D9007JB1 ~ D9013JB1 共 7 件样品在泽库县至河南县的公路边, 位于赫赫特哇日附近, 属务隆—泽库地层分区隆务河组($T_{1-2}l$)。D9021JB1、D9023JB1 ~ D9028JB1 共 7 件样品位于河南县北东侧约 10 km 的洛市布附近, 属宗务隆—泽库地层分区古浪堤组(T_2g)。D9035JB1、D9036JB1、D9038JB1、D9040JB1、D9041JB1 共 5 件样品位于尖克南西西方向约 10 km 的雪多附近; D9043JB1 ~ D9047JB1 共 5 件样品位于托叶玛向南约 10 km 的托叶玛乡至多松乡公路边; D9048JB1 ~ D9053JB1 共 6 件样品位于托叶玛向南侧约 6 km 的加日果刚让附近; 这 16 件样品属西倾山地层分区三叠系浩斗扎阔尔组($T_{1-2}hd$)。

3.2 实验方法

测试在西南科技大学环境与资源学院中心实验室完成, 测试时间为 2010-12-01—2011-01-31。具体步骤如下。

万方数据

(1) 试样经破碎至 1 mm, 缩分得到缩分样, 将缩分样粉碎到细于 72 目($<210 \mu\text{m}$)后, 加入适量蒸馏水中, 超声分散 15 min 后, 以重力沉淀方法选出 $<2 \mu\text{m}$ 颗粒, 经 105 °C 烘干备用。

(2) XRD 分析于日本理学 D/max-3B 型 X 射线衍射仪上进行。测试执行标准为石油天然气行业标准《SY/T 6210—1996 沉积岩中黏土矿物总量和常见非黏土矿物 X 射线衍射定量分析方法》。CuK α 管压 40 kV、管流 30 mA, 石墨歪晶单色器; 发散狭缝 1°, 接收狭缝 0.3 mm, 防散射狭缝 1°; 步进扫描 0.02°($\Delta 2\theta$)。

(3) 获得各试样的 XRD 图谱(图 3), 用于测试伊利石 $K.I$ 指数的 XRD 图谱 2θ 范围为 3°~15°, 用于测试伊利石晶胞参数的 XRD 图谱 2θ 范围为 3°~70°, 采用 JADE 软件对 XRD 图谱进行拟合后得出伊利石 $K.I$ 指数, 采用 Checkcell 精修伊利石晶胞参数。

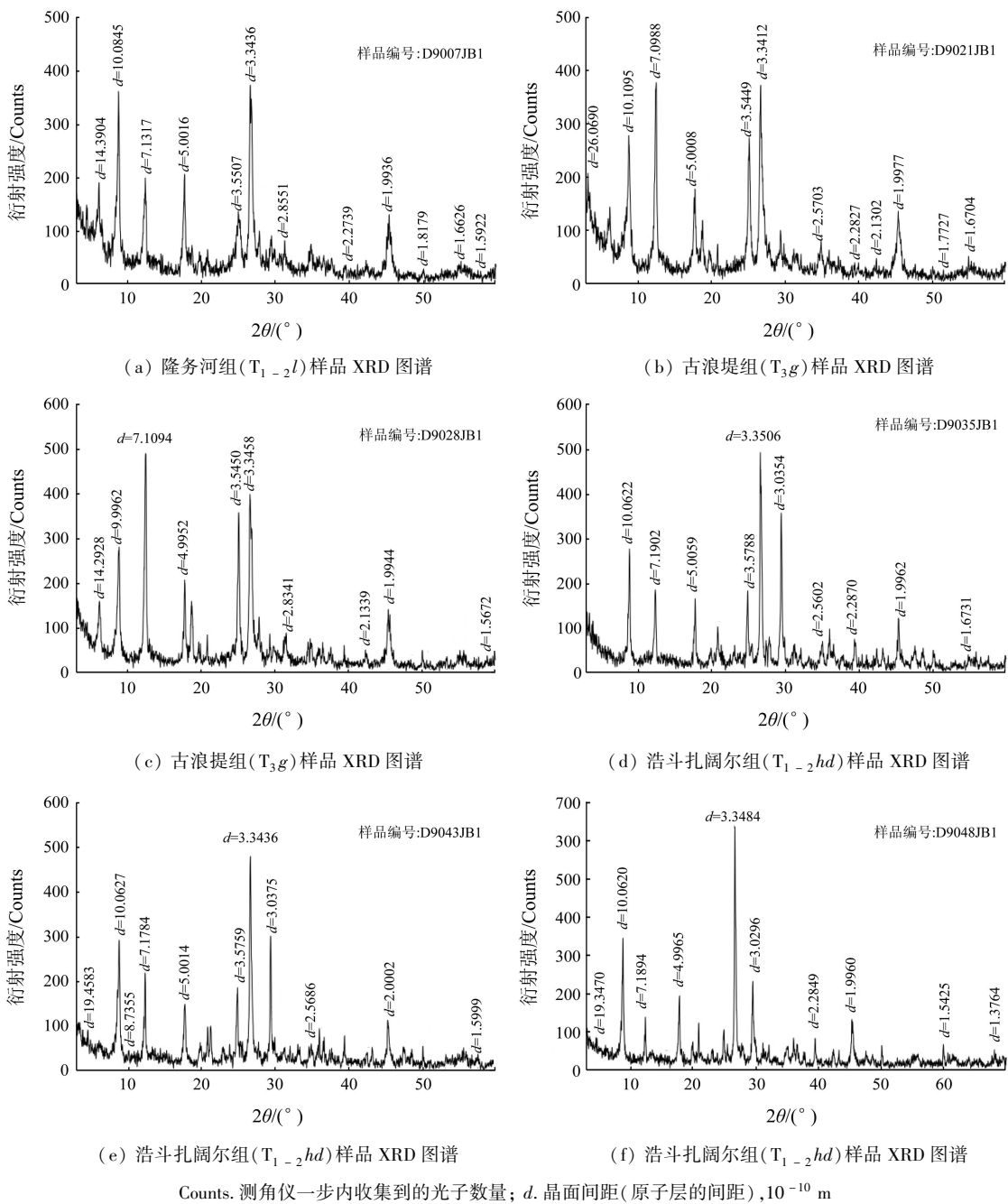


图3 部分样品伊利石 XRD 图谱

Fig.3 XRD spectra of illite in some samples

4 实验结果

1~14号样品采样位置属于宗务隆—泽库地层分区,15~30号样品采样位置属于西倾山地层分区(表3)。从表3可以看出,不同分区伊利石 $K.I$ 指数不同,并表现出不同规律。宗务隆—泽库地层分

区 $K.I$ 指数为 0.312~0.537,平均值 0.399,略大于西倾山地层分区,其大小为 0.21~0.318,平均值为 0.253。晶胞参数又名晶格特征参数,是用于表达晶胞大小和形状的 6 个参数,本次测得的 6 个晶胞参数见表 3,其中 b_0 介于 0.898 0~0.903 2 之间。本次实验获得样品数量众多,所有样品的伊利石 XRD 图谱无法全部列出,部分样品获取的伊利石 XRD 图谱见图 3。

表 3 各试样采样坐标、Kübler 结晶度指数及晶胞参数

Tab.3 Sampling coordinates, Kübler crystallinity index and cell parameters of each sample

野外编号	采样坐标		<i>K. I.</i> $\Delta 2\theta/(\circ)$	晶胞参数 b_0/nm
	E	N		
D9007JB1	101°29'54"	34°57'54"	0.426	0.902 1
D9008JB1	101°30'00"	34°57'48"	0.388	0.902 4
D9009JB1	101°29'57"	34°57'42"	0.409	0.900 7
D9010JB1	101°29'56"	34°57'38"	0.345	0.903 2
D9011JB1	101°30'04"	34°57'24"	0.378	0.899 5
D9012JB1	101°30'19"	34°57'06"	0.386	0.898 0
D9013JB1	101°30'26"	34°56'42"	0.340	0.901 4
D9021JB1	101°43'39"	34°46'40"	0.537	0.899 8
D9023JB1	101°43'26"	34°46'31"	0.455	0.901 8
D9024JB1	101°43'07"	34°46'28"	0.421	0.899 1
D9025JB1	101°42'56"	34°46'27"	0.312	0.899 9
D9026JB1	101°42'39"	34°46'20"	0.422	0.900 6
D9027JB1	101°42'15"	34°46'16"	0.438	0.900 0
D9028JB1	101°41'59"	34°46'13"	0.323	0.901 0
D9035JB1	101°52'18"	34°31'58"	0.227	0.899 7
D9036JB1	101°52'16"	34°32'03"	0.221	0.901 4
D9038JB1	101°52'12"	34°32'25"	0.241	0.901 4
D9040JB1	101°52'43"	34°33'05"	0.224	0.900 2
D9041JB1	101°52'45"	34°33'08"	0.238	0.898 1
D9043JB1	101°30'55"	34°30'19"	0.248	0.900 5
D9044JB1	101°30'58"	34°30'22"	0.229	0.902 3
D9045JB1	101°31'00"	34°30'37"	0.318	0.899 1
D9046JB1	101°31'19"	34°31'01"	0.210	0.901 4
D9047JB1	101°31'27"	34°31'29"	0.395	0.901 3
D9048JB1	101°31'21"	34°33'58"	0.271	0.900 4
D9049JB1	101°31'19"	34°34'01"	0.255	0.899 5
D9050JB1	101°31'31"	34°34'12"	0.224	0.901 3
D9051JB1	101°31'31"	34°34'05"	0.249	0.901 2
D9052JB1	101°31'37"	34°34'12"	0.241	0.901 2
D9053JB1	101°31'36"	34°34'15"	0.259	0.900 2

5 极低级变质作用特征

5.1 变质相带

Kübler 指数 (*K. I.*) 根据国际上广泛的采用划分方法, *K. I.* > 0.42 ($\Delta 2\theta/(\circ)$), 为成岩带; *K. I.* 为 0.25 ~ 0.42 ($\Delta 2\theta/(\circ)$), 为近变质带; *K. I.* < 0.25 ($\Delta 2\theta/(\circ)$), 为浅变质带。表 3 显示: 宗务隆—泽库地层分区 *K. I.* 为 0.312 ~ 0.537 ($\Delta 2\theta/(\circ)$), 属于成岩带—近变质带; 西倾山地层分区的 *K. I.* 为 0.21 ~ 0.318 ($\Delta 2\theta/(\circ)$), 属于近变质—浅变质带。总体看宗务隆—泽库地层分区变质程度小于西倾山地层分区变质程度。

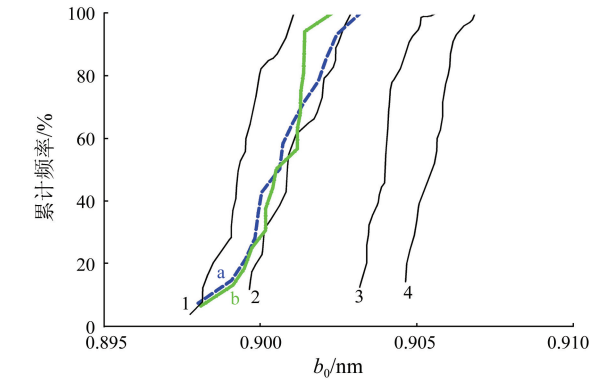
有关极低级变质相的划分, Frey^[20] 利用伊利石 *K. I.* 指数来划分极低级变质相, 即当 *K. I.* < 0.25

($\Delta 2\theta/(\circ)$) 时, 属绿片岩相; 当 *K. I.* 为 0.25 ~ 0.42 ($\Delta 2\theta/(\circ)$) 时, 属绿纤石—阳起石相和葡萄石—绿纤石相; 当 *K. I.* > 0.42 ($\Delta 2\theta/(\circ)$) 时, 属沸石相。所确定的变质相分别为: 北边的务隆—泽库地层分区具葡萄石—绿纤石相和沸石相; 西倾山地层分区属葡萄石—绿纤石相, 极个别样品属于绿片岩相。

5.2 变质压力

伊利石晶胞参数 b_0 被广泛作为地质压力计。根据 Sassi 等^[21] 分类标准, b_0 < 0.9 nm 为低压相, 0.900 0 nm ≤ b_0 ≤ 0.904 0 nm 为中压相; b_0 > 0.904 0 nm 为高压相。宗务隆—泽库地层分区 b_0 为 0.898 0 ~ 0.903 2 nm, 平均值 0.900 7 nm, 属于低—中压相; 西倾山地层分区 b_0 值为 0.898 1 ~ 0.901 4 nm, 平均值为 0.900 6 nm, 属于低—中压相。总体上看西倾山地层分区和宗务隆—泽库地层分区的变质压力基本相等。

不过由于伊利石 (白云母) b_0 具有随压力而增大的规律, 具有一定的统计意义。朱明新等^[22] 根据 b_0 的这种规律做出了低压至高压变质带伊利石 b_0 的频率累计曲线。本次研究将调查区 30 件样品根据其采样位置所在的构造单元分别将它们的伊利石 b_0 的数值投于图 4 中, 得到虚线 a、b, 可以看出宗务隆—泽库地层分区和西倾山地层分区伊利石 b_0 的数值都落入低压—低中压型变质带。



1. Bosost 低压型; 2. New Hampshire 中低压型; 3. Otago 中高压型; 4. Sanbagawa 高压型; a. 泽库 b_0 频率累计曲线; b. 西倾山 b_0 频率累计曲线

图 4 伊利石 b_0 频率累计曲线^[6]
Fig.4 Cumulative frequency curve of illite b_0 value^[6]

5.3 构造背景

根据燕守勋等^[23] 研究成果, 钾质白云母晶胞 b_0 值的大小不仅可以反映变质压力的大小类型, 还

可以确定构造背景。燕守勋等^[23]认为洋脊增生背景的 b_0 为 0.902 ~ 0.906 nm, 伸展盆地的 b_0 为 0.898 ~ 0.901 nm, 阿尔卑斯碰撞背景的 b_0 为 0.900 ~ 0.903 nm。据此可以判断西倾山地层分区采集的样品具有伸展盆地背景; 宗务隆—泽库地层分区所采集的样品同时具有伸展盆地背景和阿尔卑斯型碰撞背景。

5.4 变质温度

根据 Frey^[20] 的研究成果, 当 $K. I. > 0.42$ 时, 属于成岩带, 变质温度 $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$; 当 $K. I.$ 介于 0.25 ~ 0.42 之间时, 属于近变质带, 变质温度为 $200 \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$; 当 $K. I. < 0.25$ 时, 属于浅变质带, 变质温度 $> 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。表 3 数据反映如下变质温度信息: 宗务隆—泽库地层分区采集的样品变质温度有的 $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, 有的在 $200 \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间; 西倾山地层分区样品变质温度主要为 $200 \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$, 个别 $> 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。总体看宗务隆—泽库地层分区变质温度小于西倾山地层分区变质温度。

6 结论

(1) 根据研究区伊利石 Kübler 指数 ($K. I.$) 和晶胞参数 b_0 推测出了青海省河南县地区三叠系地层变质温度、变质压力, 划分出了变质带和变质相。宗务隆—泽库地层分区三叠系变质温度 $< 350\text{ }^{\circ}\text{C}$, 压力低—中等, 属低中压变质类型, 具葡萄石—绿纤石和沸石相; 西倾山地层分区三叠系变质温度主要在 $200 \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, 局部大于 $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, 压力低—中等, 属低中压变质类型, 具有葡萄石—绿纤石岩相, 极个别样品属于绿片岩相。

(2) 调查区变质程度低, 属极低级变质作用或未发生区域变质作用。南部西倾山地层分区的变质程度略高于北部宗务隆—泽库地层分区。西倾山地层分区属于极低级变质带—浅变质带, 宗务隆—泽库地层分区属于低级变质带—成岩带。

(3) 本次测得的变质相带与前人认为的“区域低温动力变质作用及低绿片岩相变质带”不一致, 变质程度相对更低。前人还认为宗务隆—泽库变质带的变质程度高于西倾山的变质程度, 但是本次测试结果正好相反。

参考文献:

- [1] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991: 471 ~ 520.
- [2] 青海省地质调查院. 青海省河南蒙古族自治县幅 1:25 万区域地质调查报告(修测)[R]. 西宁: 青海省地质调查院, 2008: 121 ~ 128.
- [3] Kossovskaya A G, Logvinenko N V, Shutov V D. Stages of formation and alteration in terrigenous rocks[J]. Doklady Akademii Nauk SSSR, Earth Sci Sect, 1957, 116(2): 293 ~ 296.
- [4] Kossovskaya A G, Shutov V D. The correlation of zones of regional epigenesis and metagenesis in terrigenous and volcanic rocks[J]. Doklady Akademii Nauk SSSR, Earth Sci Sect, 1961, 139: 732 ~ 736.
- [5] Kossovskaya A G, Shutov V D. Main aspects of the epigenesis problem[J]. Sedimentology, 1970, 15(1/2): 11 ~ 40.
- [6] Coombs D S. Some recent work on the lower grades of metamorphism[J]. Aust J Sci, 1961, 24: 203 ~ 215.
- [7] Burst J F Jr. Postdiagenetic clay mineral environmental relationships in the Gulf Coast Eocene[J]. Clays Clay Miner, 1957, 6(1): 327 ~ 341.
- [8] Weaver C E. The clay petrology of sediments[J]. Clays Clay Miner, 1957, 6(1): 154 ~ 187.
- [9] Weaver C E. Possible uses of clay minerals in search for oil[J]. AAPG Bull, 1960, 44(9): 1505 ~ 1518.
- [10] Perry E, Hower J. Burial diagenesis in Gulf Coast pelitic sediments[J]. Clays Clay Miner, 1970, 18(3): 165 ~ 177.
- [11] Kùbler B. Les argiles indicateurs de metamorphisme[J]. Revue Institut Francais du Petrole, 1964, 19: 1093 ~ 1113.
- [12] Beaty R J. Low grade metamorphism of permian to early Cretaceous volcanic and volcanoclastic rocks near Chilliwack, British Columbia[D]. Vancouver: University of British Columbia, 1974.
- [13] Surdam Ronald C. Low - grade metamorphism of the Karmut sen Group Buttle Lake area[D]. Los Angeles: University of California, 1967.
- [14] Jones J W. Low-grade metamorphism of Proterozoic rocks from the Esplana[D]. Calgary, Alta: University of Calgary, 1969.
- [15] Ernst W G, Seki Y, Onuki H, et al. Comparative study of low - grade metamorphism in the California Coast Ranges and the outer metamorphic belt of Japan[M]. Boulder, Colorado: Geological Society of America, 1970.
- [16] 段政, 邢光福, 余明刚, 等. 东南沿海早白垩世火山岩的极低级变质作用研究[J]. 岩石学报, 2018, 34(3): 656 ~ 668.
- [17] 索书田, 毕先梅, 赵文霞, 等. 右江盆地三叠纪岩层极低级变质作用及地球动力学意义[J]. 地质科学, 1998, 33(4): 395 ~ 405.
- [18] 沈其韩, 耿元生, 宋会侠. 加强极低级变质作用研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2018, 37(2): 342 ~ 348.
- [19] 四川地质调查院. 青海省河南县托叶玛地区 (I47E007023、I47E008023、I47E009023、I47E009024) 四幅 1:5 万区域地质矿产调查报告[R]. 成都: 四川地质调查院, 2016: 1 ~ 240.
- [20] Frey M. Very low - grade metamorphism of classic sedimentary rocks[M]//Frey M. Low Temperature Metamorphism. Glasgow, London: Blackie, 1987: 9 ~ 58.
- [21] Sassi F P, Krautner H G, Zirpoli G. Recognition of the pressure character in greenschist facies metamorphism[J]. Mineral Petrol Mitt, 1976, 56: 427 ~ 434.

[22] 朱明新,王河锦. 长沙—澧陵—浏阳一带冷家溪群及板溪群的甚低级变质作用[J]. 岩石学报,2001,17(2):291-300.

[23] 燕守勋,田庆久,吴昀昭. 极低级变质作用及其研究方法[J]. 现代地质,2002,16(1):37-44.

Crystallinity and metamorphism of illite from Triassic strata in Henan County of Qinghai Province

WANG Yi, YANG Xuejun, BAI Xianzhou, YE Chunlin, JIA Xiaochuan, XIONG Changli, HUANG Baixin, LUO Gai
(1. Sichuan Geological Survey Institute, Chengdu 610081, China; 2. Key Laboratory of the Evaluation and Utilization of Strategic Rare Mentals and Rare Earth Resources of Sichuan Province, Cheng Du 610081, China)

Abstract: In order to verify the Triassic stratum metamorphism in this area, the crystallinity of illite in mudstone (shale) of Triassic stratum was analyzed and tested during the 1: 50 000 regional mineral geological survey (I47E007023, I47E008023, I47E009023, I147E009024) in Tuoyema area of Henan Mongolian Autonomous County in Qinghai Province. According to the experimental results of 30 samples, the crystallinity index of Triassic mudstone (shale) illite Kübler in Zongwulong - Zeku stratigraphic division in the north is 0.312 - 0.537, and the cell parameter b_0 is 0.898 - 0.903 2 nm. The metamorphic temperature is less than 350 °C, with the grape - chlorite and zeolite facies. The crystallinity index of Triassic mudstone (shale) illite Kübler in the western inclined mountain stratigraphic division in the south is 0.21 - 0.318, and the b_0 value is 0.898 1 - 0.901 4 nm. The metamorphic temperature is mainly between 200 and 350 °C, with the local temperature above 350 °C and grape - chlorite and greenschist facies. It is considered that the regional metamorphism grade in this area is very low or has no regional metamorphism. The metamorphism degree of the western dipping mountain stratum in the south is slightly higher than that of Zongwulong - Zeku stratum in the north. The measured metamorphic facies belts are not consistent with the previous thought, that is "regional low temperature dynamic metamorphism and low greenschist facies metamorphic belts", and the degree of metamorphism is relatively lower. It is confirmed that there is no large area regional metamorphism in the Triassic strata of Henan County in Qinghai Province, but only very low - level regional metamorphism.

Keywords: very low - grade metamorphism; cell parameter b_0 ; Henan Mongolian Autonomous County; Kübler index

(责任编辑: 常艳)