

文章编号: 1001 - 6112(2008)02 - 0174 - 05

羌塘盆地上侏罗统 索瓦组烃源岩分布特征及远景分析

杜佰伟, 陈 明

(中国地质调查局 成都地质矿产研究所, 成都 610082)

摘要:羌塘盆地迄今为止共发现 200 多处油气显示点, 其中 5 处液态油苗, 多处油页岩, 表明盆地具备生烃的物质基础。上侏罗统索瓦组烃源岩以碳酸盐岩为主, 厚度从几十米到几百米不等, 有机碳平均含量为 0.1% ~ 1.90%, 以中等至好烃源岩为主; 其次为泥质岩, 仅在北羌塘坳陷中、西部有所分布, 有机碳含量介于 3.71% ~ 28.14% 之间, 为好烃源岩。根据干酪根显微组分的分析结果认为索瓦组烃源岩有机质类型主要为 I 型, 镜质体反射率介于 0.94% ~ 2.7% 之间, 烃源岩处于成熟—过成熟阶段。构造运动造成索瓦组烃源岩抬升剥蚀, 综合分析认为该烃源岩总体上对整个盆地的油气远景贡献较差, 但在北羌塘坳陷西部和东北部仍可作为重要的烃源岩。

关键词:有机质丰度; 有机质类型; 镜质体反射率; 烃源岩; 索瓦组; 上侏罗统; 羌塘盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

CHARACTERISTICS OF UPPER JURASSIC SUOWA FORMATION SOURCE ROCK IN THE QIANGTANG BASIN OF NORTHERN TIBET

Du Baiwei, Chen Ming

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Chengdu, Sichuan 610082, China)

Abstract: Over 200 oil and gas shows were discovered so far in the Qiangtang Basin, of which including 5 oil shows and much oil shale shows. It indicates that the source rocks have favorable conditions to form gas and oil in the Qiangtang Basin. The mainly source rock of Upper Jurassic Suowa Formation is carbonate rocks in the Qiangtang Basin. Its thickness is from tens meters to hundred meters. The mean content of organic carbon is 0.1% to 1.90%. It is mainly middle to good source rock. The following source rock of Upper Jurassic Suowa Formation is mudstone. Its mean content of organic carbon is 3.71% to 27.14%. It is mainly good source rock, only distributes in the middle and west of the North Qiangtang Depression. The organic matter type is I through kerogen analysis. The vitrinite reflectance is 0.94% to 2.7%. The source rock is at stage of mature to post maturity. The source rock of Suowa Formation was uplifted and denuded because of the effect of tectonic movement. The research results show that Suowa Formation source rock has bad contribution to hydrocarbon accumulation in the whole Qiangtang Basin. But it is still important hydrocarbon source rock in the west and northeast of the North Qiangtang Depression.

Key words: organic matter abundance; organic matter type; organic matter maturity; source rocks; Suowa Formation; Upper Jurassic; the Qiangtang Basin

羌塘盆地位于青藏高原北部, 南北以班公湖—怒江缝合带和西金乌兰—金沙江缝合带为界, 东西以缺失侏罗系地层为界, 面积约 $18 \times 10^4 \text{ km}^2$; 构造上处于特提斯构造带的东段中部^[1-4], 总体上呈东

西向的菱形展布, 具有南北分带, 东西分区的构造格局^[5]。盆地内三叠系、侏罗系分布广泛, 是我国最大的中生代盆地之一。侏罗纪第二次大规模海侵沉积了上侏罗统索瓦组, 厚度为 400 ~ 1 000 m, 沉

收稿日期: 2007 - 11 - 05; 修订日期: 2008 - 02 - 21。

作者简介: 杜佰伟 (1976—), 男, 工程师, 主要从事青藏高原石油地质研究。E-mail: cddbaiwei@cgs.gov.cn。

基金项目: 国家油气专项 (科油 200508)。

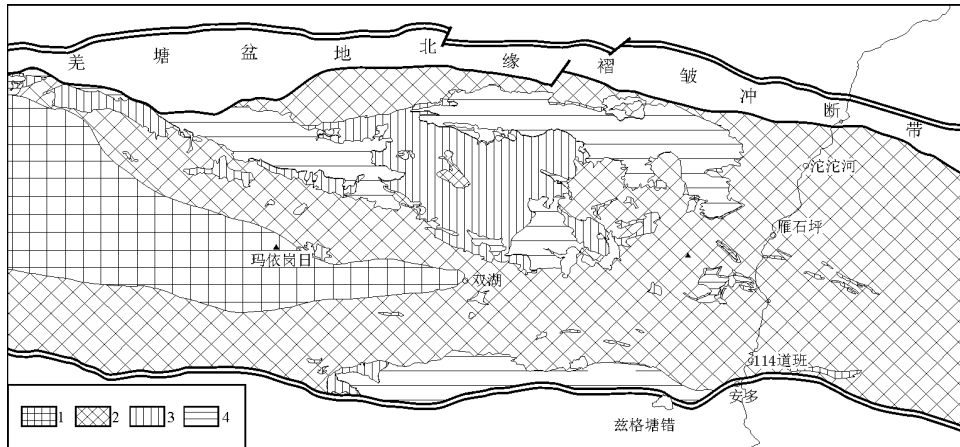


图 1 羌塘盆地上侏罗统索瓦组地层分布

1. 古陆; 2. 剥蚀区; 3. 露头区; 4. 覆盖区

Fig. 1 Stratigraphic distribution of Upper Jurassic Suowa Formation in the Qiangtang Basin

积中心位于盆地北坳陷中西部^[6,7]。燕山运动和喜山运动造成盆地不同程度的抬升剥蚀,索瓦组地层在盆地内广泛出露,仅在北羌塘坳陷西部和东北部存在较大范围的地层覆盖区(图 1)。

1 烃源岩分布及有机质丰度

本研究以残余有机碳和残余生烃潜量为标准(文中若没有特别说明,有机碳、生烃潜量分别代表残余有机碳、残余生烃潜量)(表 1),对索瓦组烃源岩进行级别划分,在有机碳和生烃潜量判断烃源岩发生矛盾时,以有机碳为主。

表 1 羌塘盆地上侏罗统索瓦组烃源岩等级划分方案

Table 1 Source rocks evaluation criterion of Upper Jurassic Suowa Formation in the Qiangtang Basin

级别	碳酸盐岩烃源岩		泥质烃源岩	
	TOC, %	$(S_1 + S_2) / (\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	TOC, %	$(S_1 + S_2) / (\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$
好生油岩	> 0.25	> 0.25	> 1.0	> 6
中等生油岩	0.15 ~ 0.25	0.15 ~ 0.25	0.6 ~ 1.0	2 ~ 6
较差生油岩	0.10 ~ 0.15	0.10 ~ 0.15	0.4 ~ 0.6	1 ~ 2
非生油岩	< 0.10	< 0.10	< 0.4	< 1

1.1 烃源岩分布

索瓦组烃源岩以碳酸盐岩为主,厚度从几十米至几百米不等,岩性主要以灰到深灰色、灰黑色泥晶灰岩、泥质灰岩、泥灰岩为主,局部地区也发育了一定厚度的泥质烃源岩、油页岩和煤层^[8]。碳酸盐岩烃源层在盆地内广泛分布,主要分布在北羌塘坳陷中部东湖—河湾山—长水河西支沟剖面地区和西部白龙冰河—长龙梁剖面地区,分布趋势均为中心厚,向四周逐渐减薄(图 2)。西部烃源岩最厚为

甜水河北岸,累计厚度为 782 m,向西至圆锥山剖面地区厚度减至 535 m,向东南至长龙梁、野牛沟剖面地区厚度分别为大于 560 m 和 174 m。长龙梁剖面地区以东,为北羌塘坳陷中部烃源岩发育区,该处烃源岩主要分布在索瓦组地层的大面积出露区域;东湖剖面地区烃源岩最厚达 779 m,向西至长虹河剖面地区厚度大于 50.16 m,向南在长梁山地区厚度减薄至 86 m。南羌塘坳陷烃源岩厚度较大,主要分布在坳陷东部 107 道班—114 道班剖面地区和中部北雷错—哈日埃乃剖面地区,厚度介于 100 ~ 800 m 之间,基本为该组地层在南羌塘坳陷的剥蚀残留块体。该组烃源层中见很好油气显示,主要在南羌塘坳陷东部和北羌塘坳陷西部,前者在安多 114 道班剖面,灰黑色泥灰岩达 200 m 以上,在其裂缝中见到固体沥青和液态油苗显示;后者以西长梁剖面地区的含油灰岩、含稠油灰岩为代表。

索瓦组泥质烃源岩分布局限,仅在北羌塘坳陷中部和西部有所分布。盆地中部毛毛山、长虹河、托纳木藏布西南岸剖面地区灰岩中夹泥质烃源岩,厚度分别为大于 9, 1.4, 47.38 m,其中在托纳木藏布西南岸剖面地区还发育 2 层深灰色—灰黑色的油页岩,单层厚度分别为 4.2 m 和 3.5 m,累计厚度达 7.7 m,沿走向可追索 10 多 m,厚度稳定^[5]。北羌塘坳陷西部西长梁剖面地区灰岩中夹厚度为 39.98 m 的浅海潟湖相灰黑色泥质烃源岩,其中油页岩累计 12 m,具较稳定的延伸,目前已在西长梁附近多处发现此套油页岩。

1.2 有机质丰度

按表 1 的标准对 350 件索瓦组烃源岩样品的有机碳测试数据进行了分析,烃源岩达标 228 件,

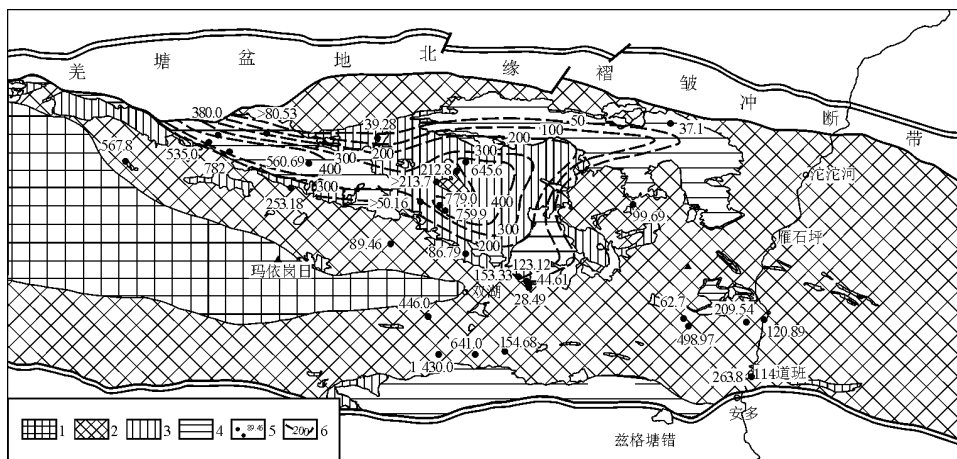


图2 羌塘盆地上侏罗统索瓦组碳酸盐岩烃源岩厚度等值线分布

1. 大陆; 2. 剥蚀区; 3. 露头区; 4. 覆盖区; 5. 资料点; 6. 等值线/ m

Fig.2 Thickness contour distribution of carbonate source rock of Upper Jurassic Suowa Formation in the Qiangtang Basin

达标率为 65.1%。碳酸盐岩烃源岩各剖面平均有机碳含量介于 0.1% ~ 1.94% 之间, 平均有机碳含量大于 0.1% 的剖面数达 23 条; 泥质烃源岩平均有机碳含量介于 0.45% ~ 17.57% 之间, 大于 0.4% 的剖面数为 3 条。21 条剖面 201 件样品的生烃潜量 ($S_1 + S_2$) 介于 0.015 8 ~ 40.5 mg/g 之间; 16 条剖面 56 件样品的氯仿沥青“ A ”平均介于 $(0.1 \sim 82) \times 10^{-6}$ 之间。碳酸盐岩烃源岩有机碳与生烃潜量具备一定的相关性, 烃源岩以中等—好烃源岩为主, 较差烃源岩也有相当的分布 (图 3)。索瓦组碳酸盐岩烃源岩具有较高有机碳含量和生烃潜量, 但氯仿沥青“ A ”相对偏低, 这可能与该组地层大部分被暴露地表遭受剥蚀有关。

烃源岩有机碳含量在平面上的分布特点与其厚度分布范围相关, 表现为在南北羌塘坳陷各存在多个有机碳高值分布区 (图 4)。北羌塘坳陷中西部有 2 个烃源岩有机碳分布区: 1) 白龙冰河—长龙梁剖面地区, 其中独星湖剖面地区有机碳平均值高达 0.35%, 向东在野牛沟、长龙梁、曲龙沟剖面地区平均有机碳含量逐渐过渡为 0.22%, 0.23%, 0.15%; 2) 长水河—长梁山剖面地区, 有机碳平均值中等, 最高达到 0.51%。北羌塘坳陷有机碳高值分布区烃源岩属于好烃源岩, 向四周逐渐过渡为中等—较差烃源岩。南羌塘坳陷索瓦组分布区多为地层剥蚀残留体, 也存在 2 个碳酸盐岩烃源岩残余厚度分布区: 北雷错地区和 114 道班地区。北雷错剖面发育的灰岩烃源岩有机碳介于 0.1% ~ 0.58%, 平均值 0.27%, 向周缘逐渐降低; 114 道班剖面发育一套灰色—深灰色泥晶灰岩、泥灰岩, 并

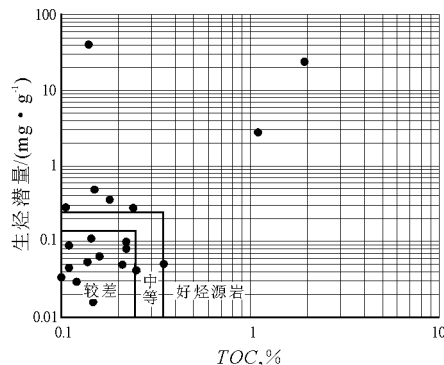


图3 羌塘盆地上侏罗统索瓦组碳酸盐岩烃源岩 TOC 与生烃潜量的关系

Fig.3 Relationship of TOC and $S_1 + S_2$ of carbonate source rock of Upper Jurassic Suowa Formation in the Qiangtang Basin

见液态油苗显示, 烃源岩有机质丰度高, 有机碳介于 0.29% ~ 2.15%, 平均值为 1.1%, 生烃潜量介于 0.06 ~ 10.84 mg/g, 均值为 2.78 mg/g。

索瓦组泥页岩烃源岩发育范围零星, 以北羌塘坳陷西部西长梁剖面地区台地相油页岩为代表, 有机质丰度最高, 有机碳含量介于 3.71% ~ 28.14% 之间, 平均 11.75%, 平均生烃潜量为 207.79 mg/g, 平均氯仿沥青“ A ”为 $29\ 240 \times 10^{-6}$, 各项生油岩评价指标均达到好烃源岩的标准。

2 有机质类型特征

统计分析了 9 条剖面 and 2 个地质点共计 40 件样品的干酪根显微组分, 结果显示干酪根显微组分以腐泥组为主, 含量介于 65% ~ 95% 之间; 次为惰质组, 含量介于 4% ~ 30%; 镜质体含量介于 0% ~

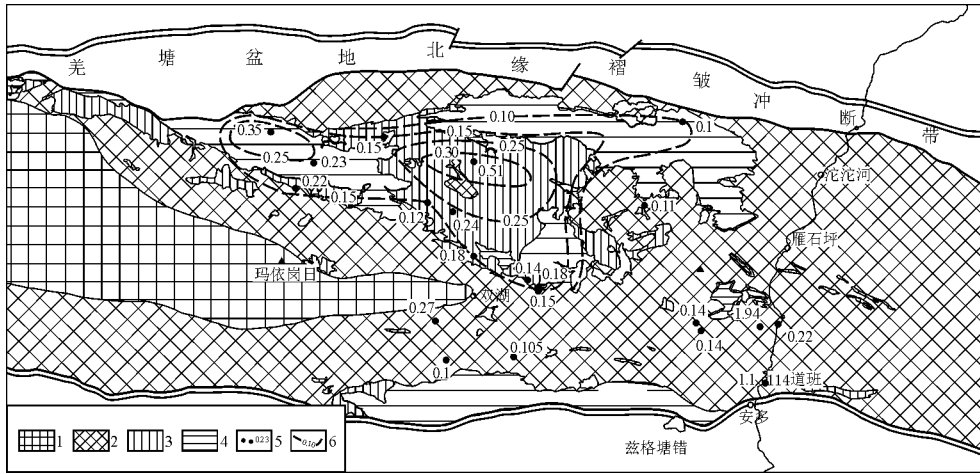


图 4 羌塘盆地上侏罗统索瓦组碳酸盐岩烃源岩有机碳等值线分布

1. 古陆; 2. 剥蚀区; 3. 露头区; 4. 覆盖区; 5. 资料点; 6. 等值线, %

Fig. 4 TOC contour of carbonate source rock of Upper Jurassic Suowa Formation in the Qiangtang Basin

16%之间;而仅有3件样品检出壳质组,平均含量仅为1%。根据干酪根显微组分的含量分析,6件样品为Ⅱ型,26件样品为Ⅰ型,8件样品为Ⅱ型,分别占了15%,65%和20%;该组烃源岩有机质类型好,以Ⅰ型为主。

值得重视的是西长梁剖面地区的油页岩,其显微组分腐泥组、壳质组、镜质组、惰质组含量分别介于64%~90%,1%~2%,5%~18%,1%~18%之间,类型指数介于35~82之间,Ⅱ型、Ⅰ型和Ⅱ型有机质均有分布。结合地表岩石在遭受长时间风化剥蚀时富氧贫氢而导致有机质类型变差的事实,说明该套油页岩有机质类型好,未遭受风化剥蚀时岩石的有机质类型可能以Ⅱ型、Ⅰ型为主。

3 有机质成熟度特征

索瓦组烃源岩有机质镜质体反射率(R_o)平均值介于0.94%~2.7%之间,处于成熟—过成熟阶段。最高热解峰温 T_{max} 平均值介于425~561之间,与镜质体反射率反映的有机质成熟度一致(图5)。干酪根颜色以棕黄色为主,少量棕褐色、棕黑色,反映有机质处于成熟—高成熟阶段。

从索瓦组烃源岩有机质成熟度的平面分布来看(图6):盆地中心部位 R_o 小于1%,以南羌塘坳陷中东部最低,为0.9%;盆内 R_o 小于1.3%的生油区,主要位于南羌塘坳陷中、东部和北羌塘坳陷中部、中西部靠近西部隆起的条带地区。中央潜伏隆起区的 R_o 介于1.3%~2.0%之间,为高成熟凝析油—湿气区;只有北羌塘坳陷最西部和南北断裂

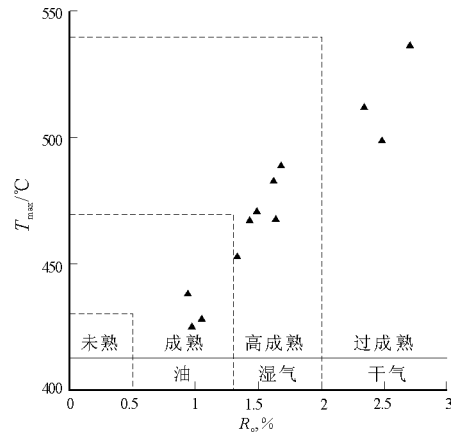


图 5 羌塘盆地上侏罗统索瓦组烃源岩 T_{max} 与 R_o 关系

Fig. 5 Relationship of T_{max} and R_o of carbonate source rock of Upper Jurassic Suowa Formation in the Qiangtang Basin

带附近 R_o 大于2%,达到过成熟干气阶段。

镜质体反射率具有从盆地中部向边缘呈环状逐步增高的特点,这与正常盆地的烃源岩有机质演化正好相反^[9],出现这种情况与羌塘盆地经历了多期构造运动有关,是盆地边缘构造活动强烈引起的。

4 烃源岩远景分析

上侏罗统索瓦组烃源岩以碳酸盐岩为主,岩性主要为灰到深灰色、灰黑色泥晶灰岩、含生屑泥晶灰岩和泥灰岩;其次为泥页岩和油页岩。盆地内烃源岩广泛分布,厚度从几十米到几百米,有机质丰度中等到高,类型以Ⅰ型为主;成熟、高成熟及过成熟源岩均有分布,以成熟为主,过成熟和高成熟源岩一般分布在盆地边缘构造活动强烈区。

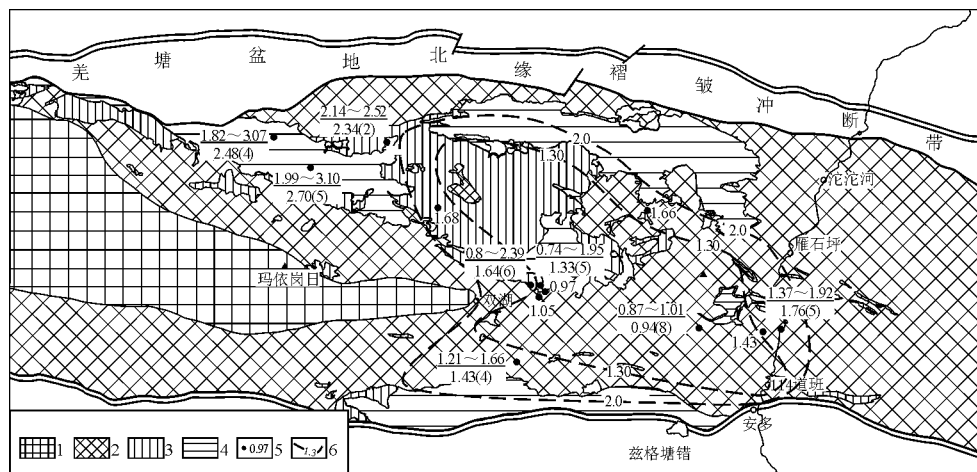


图6 羌塘盆地上侏罗统索瓦组烃源岩镜质体反射率平面分布

1. 古陆;2. 剥蚀区;3. 露头区;4. 覆盖区;5. 资料点,分式含义为 $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值}(\text{样品数})}$;6. R_o 等值线, %

Fig. 6 Horizontal distribution of R_o of Upper Jurassic Suowa Formation in the Qiangtang Basin

上侏罗统索瓦组烃源岩主要分布在南羌塘坳陷休冬日—114道班地区及北羌塘坳陷长水河、独星湖地区。南羌塘坳陷114道班地区几乎全部为剥蚀区,仅有零星分布的露头残块,虽然其露头上存在液态油苗显示,有机碳和生烃潜量也均达到很好烃源岩标准,但是只能说明该地区曾经在某个地质时期是一个非常重要的生烃中心,生成的油气已经逃逸,对盆地的油气系统贡献不大,视为油气放弃区^[10]。北羌塘坳陷长水河剖面地区,有机碳平均为0.51%,属于好烃源岩,但是,出露分布范围较大,并且在地质时期埋深较浅,对油气的生成、保存有一定的负面影响。

综合索瓦组地层的分布、烃源岩厚度分布、有机质丰度特征、有机质类型和成熟演化特征及构造运动造成地层剥蚀等因素,认为羌塘盆地上侏罗统索瓦组烃源岩总体上对整个盆地的油气远景贡献较差,但在局部地区仍是盆地内重要的烃源岩层系。

参考文献:

- 1 王 剑,谭富文,李亚林等. 青藏高原重点沉积盆地油气资源潜力分析[M]. 北京:地质出版社,2004. 10~24
- 2 秦建中. 青藏高原羌塘盆地海相烃源层的沉积形成环境[J]. 石油实验地质,2006,28(1): 8~14
- 3 朱井全,李永铁. 藏北羌塘盆地侏罗系白云岩类型、成因及油气储集特征[J]. 古地理学报,2000,2(4): 30~42
- 4 谭富文,王 剑,王小龙等. 西藏羌塘盆地:中国油气资源战略选区的首选目标[J]. 沉积与特提斯地质,2002,22(1): 16~21
- 5 杨日红,李 才,杨德明等. 西藏羌塘盆地中生代构造岩相演化及油气远景[J]. 长春科技大学学报,2000,30(3): 237~242
- 6 秦建中. 青藏高原羌塘盆地中生界主要烃源层分布特征[J]. 石油实验地质,2006,28(2): 134~141
- 7 李亚林,王成善,伍新和等. 藏北托纳木地区发现上侏罗统海相油页岩[J]. 地质学报,2005,24(8): 783~784
- 8 秦建中. 青藏高原羌塘盆地有机相展布与成烃模式[J]. 石油实验地质,2006,28(3): 364~270
- 9 秦建中. 羌塘盆地有机质热演化与成烃史研究[J]. 石油实验地质,2006,28(4): 350~358
- 10 秦建中. 青藏高原羌塘盆地油气资源潜力分析[J]. 石油实验地质,2006,28(6): 566~572

(编辑 徐文明)