

文章编号: 1001- 6112(2006)03- 0259- 05

福建推覆构造研究

陶建华^{1,2}, 陈福龙¹

(1. 中国地质大学, 武汉 430074; 2. 福建省地质调查研究院, 福州 350011)

摘要: 通过地表与深部地球物理资料分析, 论证了福建推覆构造的存在, 并根据其不同表现形式, 划分为东部逆冲推覆带、中部逆冲褶皱带和西部挤压推覆带。在区域构造分析的基础上认为: 福建推覆构造发育于印支期, 鼎盛发展于燕山早期, 定位消减于燕山晚期; 推覆运动方向由北西往南东; 推覆构造的形成与濒太平洋大陆边缘活动带剧烈运动有关。

关键词: 逆冲; 外来岩系; 原地岩系; 推覆构造; 福建

中图分类号: P548. 2

文献标识码: A

推覆构造在福建省范围内广泛存在, 并具相当规模^[1-5]。其研究成果改变了传统的地质认识, 使福建省的基础地质研究有了突破性进展, 开拓了福建大地构造研究的思路, 对进一步研究福建省中生代以来的构造格局有着重要的意义。

1 推覆构造的基本构造样式

福建省推覆构造发育、波及面广, 西至武夷山、东至戴云山的广大地区都有表现, 并以冲断推覆为主。依据地质块体的变形特征和相互间的接触关系, 从东至西可划分为不同的构造表现形式: 东部逆冲推覆带、中部逆冲褶皱带和西部挤压推覆带。

1.1 东部逆冲推覆带

以戴云山脉为主体, 自北往南发育有尤溪龙门场、大田广平、德化阳山、安溪潘田、永春上姚等推覆体。这些推覆体由震旦纪、早古生代及部分晚泥盆世地层组成, 呈分散孤立的“飞来峰”块体逆冲于晚古生代及部分中生代地层的原地岩系之上。沿戴云山脉及其西麓地带, 构造变形尤其强烈, 盖层

与基底岩系一同变形、变质是这一地段的特点。逆冲推覆岩系鳞次栉比, 地层倒转褶皱, 构成叠瓦状的逆冲带(图 1)^[1]。推覆逆冲断面倾向西或北西, 部分倾向东或北东, 断面产状地表较陡, 往深部变缓, 其中挤压片理、构造透镜体、糜棱岩化带、劈理化带均较发育, 都显示该地带受到强烈挤压, 表现出推覆构造前缘带的特征。

1.2 中部逆冲褶皱带

在闽西南的大部分地区, 由震旦纪一早古生代地层组成的外来岩系在平面上构成相对孤立、封闭的地质块体。在空间上, 外来岩系呈“飞来峰”飘浮于晚古生代或部分中生代地层之上。而晚古生代地层则表现为复杂的倒转褶皱及斜歪褶皱, 并发育有多组缓倾角断裂, 造成地层大幅度缺失。这 2 套不同构造层的地质体在该区呈上下岩片重叠(图 2)。笔者认为, 其空间上的组合关系可能是闽西南地区地壳表层的主要结构形式。

在闽西南中部永安加福—安砂一带出露的早古生代变质岩地层, 长期以来一直被解释为晚古

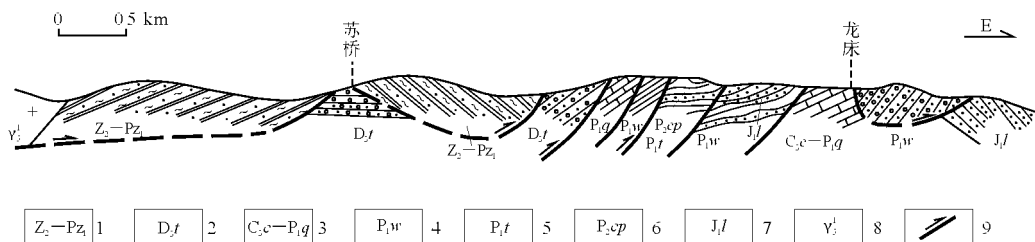


图 1 福建大田县广平推覆构造剖面^[1]

- 1. 上震旦系一下古生界; 2. 上泥盆统天瓦栋组; 3. 上石炭统船山组一下二叠统栖霞组; 4. 下二叠统文笔山组;
- 5. 下二叠统童子岩组; 6. 上二叠统翠屏山组; 7. 下侏罗统梨山组; 8. 印支期花岗岩; 9. 逆冲断层

Fig. 1 Sketch map of nappe structure in the Guangping region of Datian County, Fujian Province

收稿日期: 2006- 02- 28; 修订日期: 2006- 05- 22。

作者简介: 陶建华(1956—), 男(汉族), 上海市人, 博士生、教授级高级工程师, 主要从事地质矿产勘查工作。

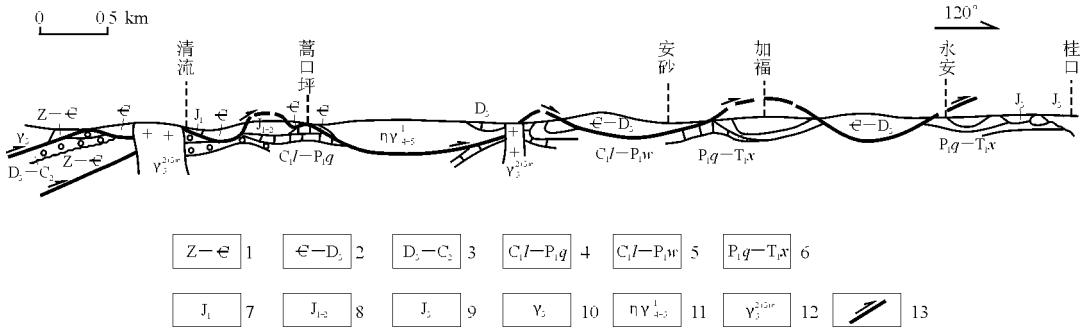


图 2 福建清流—永安推覆构造剖面

- 1. 震旦系—寒武系; 2. 寒武系—上泥盆统; 3. 上泥盆统—中石炭统; 4. 下石炭统林地组—下二叠统栖霞组;
- 5. 下石炭统林地组—下二叠统文笔山组; 6. 下二叠统栖霞组—下三叠统溪口组; 7. 下侏罗统; 8. 中侏罗统;
- 9. 上侏罗统; 10. 加里东期花岗岩; 11. 华力西期—印支期二长花岗岩; 12. 燕山早期花岗岩; 13. 逆冲断层

Fig. 2 Sketch map of nappe structure from Qingliu County to Yong'an City, Fujian Province

生代沉积盖层的基底, 属“胡坊—永定隆起带”^[6], 在晚古生代时期为水下隆起, 顶部基本缺失或仅有少量沉积, 并控制着两侧晚古生代拗陷带的沉积。但经深部钻探验证发现: 闽西南中部出露地表的早古生代变质岩大多为外来岩系, 其下掩盖着大片晚古生代地层。由于逆冲推覆侧向挤压的作用, 晚古生代地层中不同性质的岩层界面发生滑动, 一方面造成部分地层的大幅度缺失, 另一方面造成地层的强烈褶皱^[2]。

1.3 西部挤压推覆带

包括武夷山脉以及闽西北大部地区, 长期被视为“闽西北加里东隆起带”, 其腹地的晚古生代地层被认为是指状海湾沉积所致^[6]。但笔者研究认为^[2]: 该“隆起带”的东南端, 沿建瓯—南平—将乐—明溪—宁化—一线为推覆席体, 由上元古界—下古生界变质岩组成的外来岩系表现为大面积的推覆体, 在其腹地由上古生界组成的原地岩系仅在沟谷中被剥露, 多数形成面积小、分布零星、大小不一的“构造窗”, 如将乐(图 3)、宁化甘木潭、丁坑口、建瓯房村口、顺昌元坑、吴墩以及南平和长汀等地。

这些“构造窗”的发现说明晚古生代沉积有整体向北延伸的趋势, 并从另一侧面反映了闽西北的基底变质岩可能为一大型推覆岩系。原福建省地质图上所标示的浦城—武平大断裂带^[6], 实际上是一大逆冲断层带。

西北部的武夷山构造带, 广布晚元古代、震旦纪的深变质岩及混合花岗岩、片麻状黑云母—二长花岗岩, 构造变形以韧性为主。构造带内层理遭受了较彻底的构造置换, 形成了一系列构造面理及紧密褶皱、韧性逆冲断层。深变质岩中的石英脉呈“Z”型褶皱, 混合花岗岩、片麻状黑云母。花岗岩中的长英质脉体受区域构造应力场作用强烈褶皱, 反映该区经历了强烈的由北西往南东的推挤作用。故笔者认为武夷山构造带可能为推覆构造的后缘挤压带。

2 推覆构造的地球物理特征

福建省深部地球物理研究成果^[7]反映了地壳内同样存在大型物理(性)界面——构造滑动面, 由此进一步证明了福建省地壳内大型推覆构造的存在(图 4)。

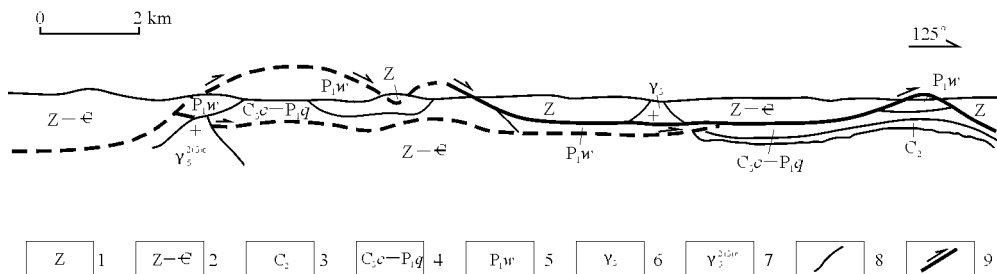


图 3 福建将乐推覆构造剖面

- 1. 震旦系; 2. 震旦系—寒武系; 3. 中石炭统; 4. 上石炭统船山组—下二叠统栖霞组;
- 5. 下二叠统文笔山组; 6. 加里东期花岗岩; 7. 燕山早期花岗岩; 8. 地质界线; 9. 逆冲断层

Fig. 3 Sketch map of nappe structure in Jiangle County, Fujian Province

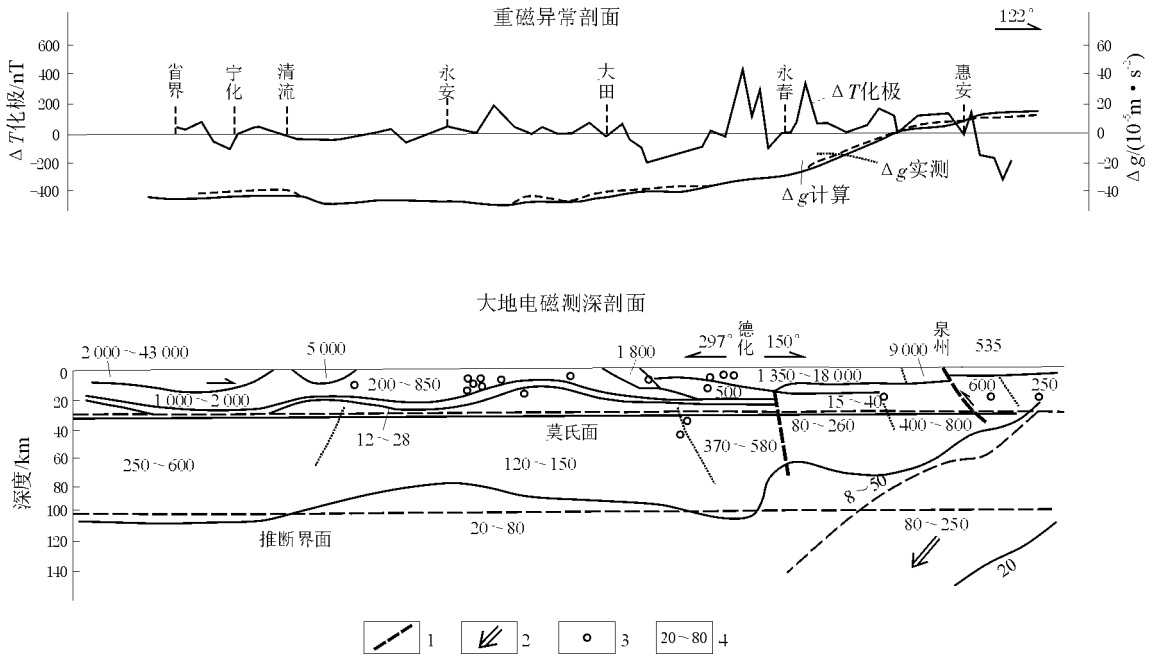


图 4 福建宁化—惠安剖面地质、地球物理综合解释

1. 推断断裂; 2. 古俯冲带; 3. 地震震中; 4. 电阻值/(Ω·m)

Fig. 4 Interpretation of geology and geophysics of the section from Ninghua to Huian County

2.1 松溪—长汀逆冲断裂带

该断裂带是东部与西部逆冲推覆带的重要构造分界线, 在省內为北东走向, 倾向以北西为主, 浅部产状陡立、深部变缓, 长 360 km 以上。由于经历了漫长的地质年代, 几经沿革以致差异已“淡化”, 地表仅保留部分残迹, 但深部地球物理资料反映十分明显。

该逆冲断裂带处在 2 个不同电性层的接触界面及软流圈上隆的陡变带上。在政和慈口处存在莫霍面断差, 使东西两侧的地壳厚度差别达 3 km。

宁化—惠安剖面的重力规格化总梯度在清流东侧出现极大值带, 极大值深度达 10 km, 说明该断裂通过清流东侧, 并且有一定的切割深度。

断裂两侧的重磁特征也有明显不同: 西侧重力异常值高, 航磁异常宽缓; 东侧重力异常值低, 航磁异常较为杂乱。重磁异常轴向主要为北东向, 如松溪—南平航磁异常为北东走向, 上延 20 km 后仍保持北东走向。明溪—长汀段重力剩余布格异常呈串珠状, 北东走向, 而在沙县—明溪段航磁异常显示为东西向。

2.2 东部逆冲推覆带

大地电磁测深资料显示, 戴云山脉中段的德化阳山一带是一个与周围电性具有截然差异的特殊块体, 其电阻率为 7 000~ 18 000 Ω·m, 形状呈向东歪的非对称倒三角形, 四周是电阻率为 200~

500 Ω·m 的中低阻区, 其底部有高导薄层, 与地震资料的低速层相吻合。从 MT 资料出发, 把阳山地区存在的上述电性层序的倒置解释为大型推覆构造存在的标志, 把底部的高导(低速)薄层及高阻与低阻的电性分界面解释为推覆体的滑动面。由航磁资料计算的磁性界面偏浅, 说明下地壳温度较高。重力规格化总梯度计算资料表明, 该段地壳内有极值带集中分布, 反映了复杂构造的特点。

2.3 中部逆冲褶皱带

清流以东、大田以西的区域, 大地电磁测深显示在地壳内连续发育有一个低缓起伏的高导薄层, 该薄层在永安—大田之间存在于上地壳底部。自永安向西, 高导薄层缓慢变深至下地壳上部, 与地震测深的低速层吻合。考虑到该区域下地壳下层波速偏小、磁性底界面偏浅的特点, 推测它是逆冲推覆带的深部反映, 且具韧性剪切带的性质, 从而在地壳深层构成了双重复杂推覆构造体系。

2.4 西部挤压推覆带

MT 资料重新解释结果显示, 宁化以西—江西省境内的上地壳出现了与阳山地区相似的高阻层和中低阻层上下相互倒置的现象。地震测深表明, 在中地壳下层发育低速层, 宁化附近的下地壳内存在波速层的间断, 其两侧莫霍面有落差。在解释地球物理资料时, 必然联系到闽西北热流值偏高、区域重力为低幅度正值、航磁呈低缓磁场、地表出露

老地层总体呈向东凸的弧形展布等诸多因素。故此,把该区域上地壳底部的中低层解释为向东南的逆冲推覆体的滑动面,这与地壳所表现的构造形迹是一致的。由于上地壳向东南方向逆冲推覆,闽西北出现了一系列连续性尚好的北东向断裂,并把早元古代的深度变质岩推向地表。

3 推覆构造的运动方向和推覆距离

3.1 推覆构造运动方向的确定

将区域构造分析与推覆过程中岩层变形的褶皱形态、逆冲断层的展布方向相结合,分析认为福建推覆构造是由北西往南东推覆的。

外来岩系是推覆构造的动盘,在块体运移过程中,体内的物质分配遵循其所处的构造应力环境。小褶皱研究表明:由上元古界一下古生界变质岩组成的外来岩系中的褶皱轴面普遍倾向北西;上泥盆统片理化变质含砾砂岩中的小褶皱轴面和挤压片理大多倾向北西,反映逆冲推覆作用的应力是由北西往南东。劈理研究同样证明了上述观点,将乐一带震旦系变质岩中的轴面劈理与褶皱的指向一致;清流林畲、宁化丁坑口、三明岩前、大田广平逆冲断裂旁侧的密集劈理带和成组的叠瓦断层,都反映了由北西往南东的逆冲作用。

原地岩系中地层的褶皱图像,反映了由北西往南东的推挤作用。永安加福井田勘探表明:向斜西翼倾角一般较陡,甚至直立或倒转,次一级褶皱、断裂比较发育;东翼地层则倾角较缓,构造也相对简单。背斜则反之。

推覆构造的应变组合:武夷山及其东麓的后缘挤压带,以挤压应变为主,表现为岩石的韧性变形,发育有混合岩带、糜棱岩带和一系列倾向北西的压性断裂及劈理;清流—永安大部地区为递进推覆带,外来岩系沿推覆断面运移,原地岩系褶皱及层间滑移。戴云山及其西麓的逆冲推覆带,以剪应变和挤压应变相结合为主,逆冲断裂呈叠瓦状,推覆块体支解、变形变质作用强烈,主构造面总体向北西倾斜,变形组合关系表现为由北西往南东推挤。

对十几条构造剖面的研究表明:不同时代形成的逆冲断层在剖面上表现为不同的切割关系。前面已提到,印支期形成的逆冲断层依次被燕山早期的逆冲断层所错位。空间组合反映,最靠武夷山构造带或西部的逆冲断层(或逆冲岩系)发育最早,然后依次向东发育,其扩展方式表现为前展式或背驮式^[8]。

3.2 推覆距离

福建推覆构造的规模、运移距离到底有多大,是目前地质同行讨论的热点。现有剖面资料分析认为推覆规模大。

岩相古地理研究表明^[6]:加里东运动后的华力西—印支旋回,西北部的武夷山地带为一隆起剥蚀区,缺失晚古生代沉积。而闽西南地区为晚古生代的主要沉积区,晚泥盆世—中三叠世接受了浅海相、海陆交互的巨厚沉积(> 6 000 m),称之为“闽西南拗陷带”,但其沉积区域远比现在所出露地层的范围大得多。

地层学研究^[6]:出露于东部的震旦系下古生界地层,与西北部的在岩性组合上基本相似,存在许多可比之处。

如前文所述,东部和西部的南东端上元古界一下元古界变质岩几乎都是无根的外来岩系,推覆方向来自北西,造成了东部以“飞来峰”为主、西部以推覆岩席和“构造窗”为主的格局。

基于上述认识和分析,不妨把东部的外来岩系恢复到其原来的构造位置,即西部隆起带,这样最东边的“飞来峰”与“构造窗”的距离就是推覆运移的最短距离^[8]。故此,经剖面测量福建推覆构造的推覆距离至少在 50 km 以上。

4 推覆构造的生成和演化

前面许多事实说明,福建逆冲推覆主要是从中生代开始的。黄汲清教授指出^[9]:“中国东部的活动大陆边缘在中生代,即印支—燕山旋回基本上是一个类似安第斯式的大陆边缘,但到喜马拉雅旋回,则逐步转化为岛弧—边缘海式大陆边缘。”因此可以认为,福建推覆构造形成的力量来源与中生代以来的板块俯冲作用有密切的关系。

4.1 印支期挤压—逆冲推覆形成阶段

晚三叠世印支运动时期,太平洋与亚洲大陆之间沿西太平洋贝尼奥夫带的强烈挤压,是中国东部滨太平洋构造域强烈活动的开始^[9],致使福建大部地区受到强烈的侧向挤压,产生盖层与基底褶皱及一系列缓倾角断裂。西部的武夷山隆起带与拗陷带之间的构造薄弱带(相当于崇安—石城断裂)在进入印支运动以来,一直遭受强烈挤压,产生韧性变形,并沿着构造薄弱带向南东逆冲,使大面积由隆起带变质岩系组成的外来岩席推覆于拗陷带西侧的晚古生代地层之上,形成印支期的推覆构造,空间上主要分布于顺昌—将乐—清流一线以西地区。由晚元古代地层组成的外来岩系,逆冲于晚古

生代地层之上,并同时为下侏罗统梨山组地层所不整合覆盖,这些外来岩系多处为印支末期的岩体所侵位。在强大的挤压推覆作用力之下,闽西南区晚古生代的沉积岩系中产生了复杂的褶皱变形,不同性质岩层界面滑动,形成多组缓倾角断裂,造成地层缺失。在变形的同时,沿逆冲断裂或构造薄弱带伴随有相当规模的花岗岩类岩浆侵入。

4.2 燕山早期挤压—逆冲推覆鼎盛发展阶段

燕山早期是中国东部滨太平洋构造域活动最剧烈的阶段^[10]。随着太平洋板块向中国东部大陆板块俯冲的加剧,福建大陆边缘遭受强烈挤压变形,使早期的变形进一步复杂化,表现为地质块体强烈褶皱,并使印支期形成的断面弯曲褶皱。印支期逆冲岩系的前方又产生新的逆冲断层,并背驮印支期的推覆体一起向东扩展,形成大规模的燕山早期逆冲推覆构造。大面积的外来岩系和基底变质岩逆冲于东部的晚古生代和早、中侏罗世地层之上,并为新地层所不整合覆盖,如清流林畲一带为上侏罗统长林组、上白垩统赤石群地层所不整合覆盖;在永安、连城一带为白垩纪地层所覆盖;在大田、德化等地为上侏罗统南园组火山岩所覆盖。该期的推覆构造多处为燕山早期第三阶段第三次黑云母花岗岩所侵位。

随着太平洋板块消减带作用,部分洋壳和陆壳物质在地壳深处重熔,形成再生岩浆,造成大规模的钙碱性岩浆活动(火山喷发、岩浆侵入)。福建大部地区为中酸性花岗岩侵入,东部沿海为大面积火山碎屑岩所覆盖。

4.3 燕山晚期构造阶段

白垩纪是中国东部大陆边缘活动带由挤压为主阶段转化为以引张为主阶段的开始^[9]。此阶段,福建的构造景观发生了变化,在燕山早期挤压构造的基础上叠加形成了由张性断裂控制的断陷盆地,

堆积了一套以陆相为主的红色碎屑岩建造^[11]。白垩纪末期的构造运动造成局部地质体逆冲于晚侏罗世火山岩、白垩纪红层之上,但强度和规模均小于前者,主要表现为地壳的抬升和断陷。此阶段的引张断陷,一方面破坏了推覆构造的连续性和完整性,另一方面也对推覆构造起着特殊的定位作用。

5 结论

福建推覆构造在武夷山—戴云山广大地区普遍发育,并表现出不同的构造样式。这一突破性认识对重新研究福建大地构造格局、大地构造演化以及各构造单元的划分都有着重要的意义。

参考文献:

- 1 陶建华. 闽西南地区东部逆冲推覆构造及其形成机制[J]. 福建地质, 1987, 6(4): 249~ 270
- 2 陶建华. 福建省推覆构造的形成和演化[A]. 见: 马杏垣, 杨森楠, 朱志澄编. 中国大陆构造论文集[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 63~ 73
- 3 陶建华. 福建推覆构造的厘定及地质找矿意义[A]. 见: 福建省地学论文集[C]. 福州: 福建省地图出版社, 1996. 87~ 96
- 4 周珍琦. 闽西南推覆(滑脱)构造[J]. 石油实验地质, 2005, 27(6): 597~ 600
- 5 周珍琦. 闽西南二叠系童子岩组沉积特征及构造演化[J]. 石油实验地质, 2006, 28(1): 38~ 41
- 6 福建省地质矿产局. 福建省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 316~ 617
- 7 王培宗, 陈耀安, 曹宝庭等. 福建省地壳—上地幔结构及深部构造背景的研究[J]. 福建地质, 1993, 12(2): 79~ 156
- 8 朱志澄. 逆冲推覆构造[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989
- 9 任纪舜, 姜春发, 张正坤. 中国大地构造及其演化: 1: 400万中国大地构造图简要说明[M]. 北京: 科学出版社, 1980
- 10 廖宗廷, 周祖翼. 试论中国东南地区大陆边缘构造演化的特征[J]. 石油实验地质, 1994, 16(3): 234~ 236
- 11 徐汉林, 沈 扬. 中国东南部中生代盆岭构造特征[J]. 石油实验地质, 1999, 21(4): 285~ 287

NAPPE STRUCTURE IN FUJIAN PROVINCE

Tao Jianhua^{1,2}, Chen Fulong²

(1. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

2. Fujian Institute of Geological Survey and Research, Fuzhou, Fujian 350011, China)

Abstract: Surface and deep geophysical data analysis has proved the existence of nappe structures in Fujian Province. According to different shapes, they can be divided into 3 types: the eastern thrust nappe belt, the central thrust fold belt and the western compressive nappe belt. Regional tectonic analysis indi-

(to be continued on page 285)

CHARACTERISTICS OF CARBON AND SULFUR ISOTOPES IN CRUDE OIL AND OIL-SOURCE CORRELATION IN THE TARIM BASIN

Zheng Bing^{1,2}, Gao Renxiang²

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: Based on the fractionation of carbon and sulfur isotopes in the process of petroleum generation and evolution, the crude oils and their sources in the Tarim Basin have been discussed. The $\delta^{13}\text{C}$ of crude oil inherited the one of its biologic matrix. The $\delta^{13}\text{C}$ value of marine crude oil is less than -32‰ or more than -24‰ and the $\delta^{13}\text{C}$ value of continental crude oil is from -32‰ to -24‰ . The organic sulfur in crude oil originates from the sulfate in source rock. But the $\delta^{34}\text{S}$ value of mature crude oil with temperature being higher than $80\text{--}120\text{ }^\circ\text{C}$ is $3\text{‰--}4\text{‰}$ lighter than the $\delta^{34}\text{S}$ value of the sulfate in source rock. The crude oils in the Tarim Basin can be classified into four types according to the characteristics of carbon and sulfur isotopes as well as other physical and chemical properties of crude oil. The second is $21\text{‰--}26\text{‰}$ and $\delta^{13}\text{C}$ value is less than -32‰ . It is typical marine crude oil. The second is Permian-Carboniferous crude oil whose $\delta^{34}\text{S}$ value is $5\text{‰--}7\text{‰}$ and $\delta^{13}\text{C}$ value is less than -32‰ . It is also marine crude oil, but the biologic matrix is poor. The third is Triassic-Jurassic crude oil whose $\delta^{34}\text{S}$ value is $10\text{‰--}14\text{‰}$ and $\delta^{13}\text{C}$ value is about -26‰ . It is typical continental crude oil. The fourth is mixed oil of the above three types of crude oil. Its $\delta^{34}\text{S}$ value is between that of marine and continental oil. The mixed oil composed of Cambrian-Ordovician and Permian-Carboniferous crude oil has characteristics of marine oil, and the mixed oil composed of Cambrian-Ordovician and Triassic-Jurassic crude oil has characteristics of mixed oil facies. The mixed oil composed of Permian-Carboniferous and Triassic-Jurassic crude oil has not yet been discovered.

Key words: carbon isotope; sulfur isotope; crude oil; oil source; the Tarim Basin

(continued from page 263)

cates that, nappe structures in the Fujian Province were generated during the Indosinian epoch, propagated mainly during the early Yanshan epoch and decreased in the late Yanshan epoch. The nappe movement is from northwest to southeast. The formation of nappe is related to the tectonic movement of circum-Pacific continental active belt.

Key words: thrust; exotic rock system; native rock system; nappe structure; the Fujian Province