第14卷第2期 石油实验地质 Vol.14,No.2
1992年6月 EXPERIMENTAL PETROLEUM GEOLOGY Jun.,1992

宁镇山脉印支—燕山早期的滑脱拆离构造

刘少峰 庄培仁 徐成彦
(中国地质大学,武汉 430074)

宁镇山脉海相中、古生界沉积盖层内部存在多层滑脱系统。在印支—燕山早期,由于区域性的重力和后推力的作用,沉积盖层沿不同滑脱层经过连续的、递进的滑脱变形形成了滑脱拆离构造,主要型式有:箱状褶皱构造、顺层滑脱构造及褶皱-逆冲构造。滑脱拆离构造的动力模式主要有两种:即印支期的以滑覆为主、推覆为辅的动力模式和燕山早期的以推覆为主、滑覆为辅的动力模式。

关键词 滑脱拆离 滑脱褶皱 滑脱断层 滑块 箱状褶皱 褶皱-逆冲 滑覆 推覆

第一作者简介 刘少峰 男 33岁 讲师 构造地质

“多层次滑脱是岩石圈构造的重要特点”(马杏垣等,1984)之一。笔者通过近年来对下扬子坳陷带构造的研究,充分认识到这一论点的正确性和普遍性。下扬子坳陷带中、古生界海相沉积盖层的构造变形主要是盖层内部多层次拆离滑脱的结果,宁镇山脉就是一例。

宁镇山脉位于“江南古陆”东端北缘下扬子坳陷带。区内自中三叠世以后结束了晚震旦世至早三叠世的长期相对稳定的海相沉降历史,进入了印支—燕山早期的强烈构造变动的新时期,经历了顺层滑脱变形、褶皱变形及褶皱-逆冲构造变形等几个连续不断的递进变形阶段。这种多阶段的构造变形反映了拆离滑脱作用的实质。

一、滑脱拆离构造特征

总观宁镇山脉构造特征,滑脱拆离构造表现出以下几种型式:

(一) 箱状复式褶皱构造

消除后期构造叠加的影响,宁镇山脉由志留系至三叠系组成的主体复式褶皱呈箱状。从南向北发育三个复式背斜、两个复式向斜,即:孔山-天王山复式背斜、桦(墅)-亭(子)复式向斜、宝(华山)-巢(凤山)复式背斜、范家场复式向斜、龙(潭)-仓(头)复式背斜(图1)。复式褶皱平面展布呈向北西凸出的弧形。它们的基本特点是:

1. 复式背斜核部多为志留系、泥盆系,复式向斜核部多为三叠系;复式褶皱轴面多南倾或直立;剖面形态:复式背斜顶部产状平缓,圆滑,呈箱状或似箱状,复式向斜底部凸起,两翼产状倒转,背斜肩发育,呈倒扇形;地貌上,背斜成山,向斜成谷,为构造地形。

2. 箱状复式褶皱与下古生界组成的较为宽缓的穹状褶皱呈明显的不协调,它们之间的下志留统高家边组为区域性主滑脱层。该滑脱层普遍遭受褶皱,层间辗磨透镜体及透入性劈理发育并主要顺层展布。断层带附近的粉砂岩在显微镜下呈定向排列,石英拉长,并发育新生矿物绢云母等。可见,箱状复式褶皱系志留系—三叠系沿志留系底部滑脱层顺层滑动的结果(朱志澄等,1983)。

3. 在箱状复式褶皱内部,又因其中所夹的次级滑脱层的控制,同样产生不协调现象,形成不同幅度的褶皱和一些顺层断层。根据岩层厚度不变原则,对复式褶皱内各岩性层褶皱应变量进行了估算,其结果是:志留系、泥盆系砂岩、石英岩能干层的褶皱应变量为－13.2%;石炭系、二叠系灰岩夹页岩、粉砂岩的能干层夹非能干层的褶皱应变量为－22.0%;三叠系薄层灰岩次能干层的褶皱应变量为－31.0%。应变量绝对值从复式背斜翼部到核部依次递减。

同时,对复式褶皱翼部断层进行了研究。断面主要南倾,呈叠瓦状逆冲排列(少量为正断层)。断裂带内构造岩类型主要为碎裂岩系列,从断裂带边缘向中心部位依次为构造角砾岩一粗粒碎裂岩一中粒碎裂岩一细粒碎裂岩。断层主要沿特定的物性差异界面发育,即:上泥盆统石英砂岩与下石炭统粉砂岩、粉砂质泥岩之间;下二叠统的硅质岩与上二叠统炭质页岩之间;上二叠统黑色页岩与下三叠统薄层灰岩之间。部分地层被磨失(图1)。

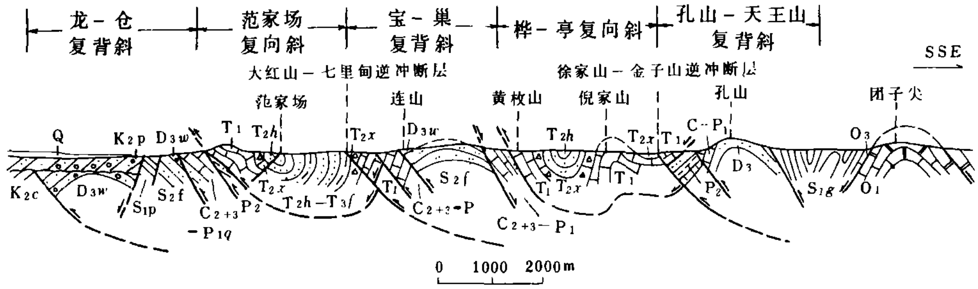

图1　宁镇山脉构造剖面示意图

(二) 顺层滑脱构造

顺层滑脱是顺层面、不整合面等先存面滑动的。在构造力(或重力或挤压力)作用下,这些先存面附近的岩石往往发生位移、变形、磨失甚至切层。宁镇山脉顺层滑脱构造发生在主体箱状复式褶皱内部或下部,主要顺软弱层或岩性差异界面发育,其层位为下三叠统底部或上二叠统龙潭组煤系及下奥陶统顶部(图1)。构造表现主要为滑脱褶皱(杨森楠,1987)、滑脱断层及滑块。

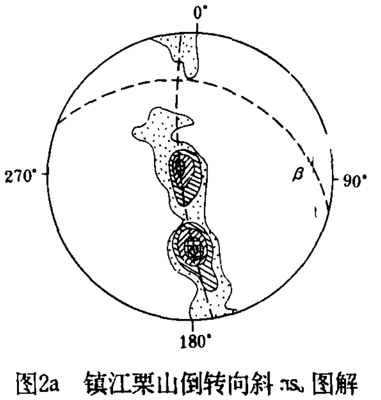

图2a　镇江栗山倒转向斜 πs。图解
πs。计50个,等值线为2、6、10、20%

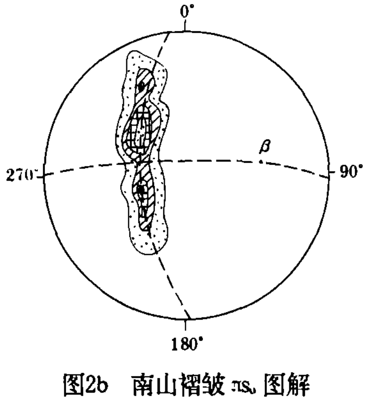

图2b　南山褶皱 πs。图解
πs。计40个,等值线2.5、7.5、12.5、17.5%

1. 滑脱褶皱

宁镇山脉滑脱褶皱仅限于下三叠统上、下青龙组灰岩中发育,比比皆是,与下伏石炭、二叠系产状稳定、平直形成鲜明对比,是沿上二叠统龙潭组滑脱层滑动变形的结果。统计结果

表明：褶皱枢纽倾向为结果表明：褶皱枢纽倾向为北东东或南东东，倾角小于40°。轴面倾向不定，或北倾或南倾，倾角大部分较小。通过对褶皱两翼产状的系统测量，用吴氏网作 πs。图解(索书田，1985)发现：褶皱 πs。图解组构格式主要为单斜对称(图2a)，两个主要极密孤立地位于轴面大圆一侧，另一侧为次极密，为尖顶倒转褶皱(图3)(部分为尖顶平卧褶皱)。少量为斜方对称(图2b)，环带组构明显，两个极密分别代表两翼产状，转折端短，翼部长，为尖顶直立褶皱。

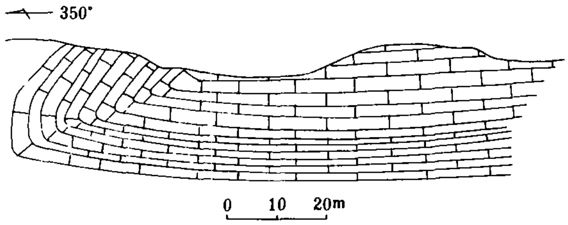

图3　镇江栗山下三叠统中的尖顶倒转褶皱

由于滑脱层在后续构造运动(即形成箱状复式褶皱的构造运动)中被重褶，因此，根据宁镇山脉复式褶皱两翼发育的滑褶皱轴面倾向所恢复的顺层滑动方向在复式褶皱两翼一致，均为由南向北运动。如宝巢复式背斜北翼储山口南下三叠统灰岩中发育尖顶倒转褶皱，轴面北倾(图4)。并且在该层位普遍发育两翼不对称式褶皱 B 线理，它们均反映复式背斜北翼上层面向北滑动，与复式背斜层间牵引褶皱滑向相矛盾。类似现象在宁镇山脉复式背斜中均有出露。它们均揭示了层间区域性由南向北定向滑动的事实。

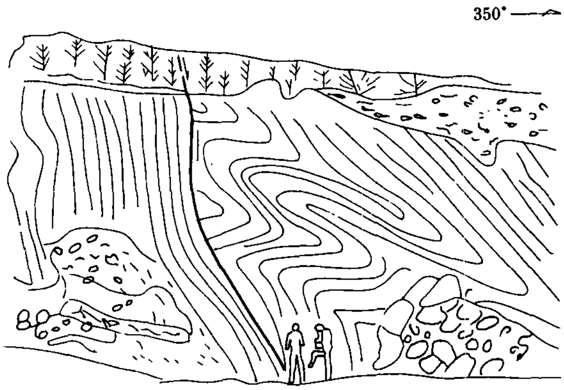

图4　储山口南滑褶皱素描图

2. 滑脱断层

下奥陶统顶部滑脱断层：该滑脱断层仅在宁镇山脉汤山团子尖短轴背斜两翼顺红花园组或牯牛潭组顶部发育。因被褶皱，断层呈背形。断层带硅化、片理化，部分地层断失。显微镜下可见化石发生拉长变形，定向排列。经镜下统计测量，背形断层北翼化石椭球体轴比 $A:B:C=14:12:5$。AB 面产状为64° ∠53°，其倾角小于断面(断面产状：10° ∠70°)，反映断面上盘向北运动。背形断层南翼化石椭球体轴比 $A:B:C=5:3:2$。AB 面产状为224° ∠76°，其倾角在于断面(断面产状：182° ∠47°)，反映断层上盘向北运动，与背形断层北翼运动方向一致。可见它们是由南向北定向拆离滑脱作用的结果。

上二叠统龙潭组滑脱断层：该层位中的滑脱断层发育普遍。由于断层滑动剪切，龙潭组煤 系普遍减薄或磨失。断层带片理化或糜棱岩化。如仑山背斜北翼仑山棕冶过北部采坑陡崖上发育的滑脱断层形成宽达十余米的片理带，其间夹有灰岩透镜体。根据片理牵引褶皱的形态，确定上盘顺层向北下滑，其间磨失了大隆组(图5)。显微镜下观察，方解石颗粒小于0.1mm，拉长定向，透镜化，具糜棱结构，为钙质细糜棱岩。

3. 滑块

滑块型构造常见于侏罗山式薄皮构造中(C. K. Morley, 1986)。滑块由滑脱断层包围,是岩席沿滑脱面定向滑动引起的特征性构造。朱志澄(1989)将滑块型构造样式划分为五类。宁镇山脉主要发育两种类型,即背形滑块和向形滑块。它们均是早期顺层滑脱断层经后期褶皱作用重褶的结果(图6)。滑动块体与下伏体往往不协调。

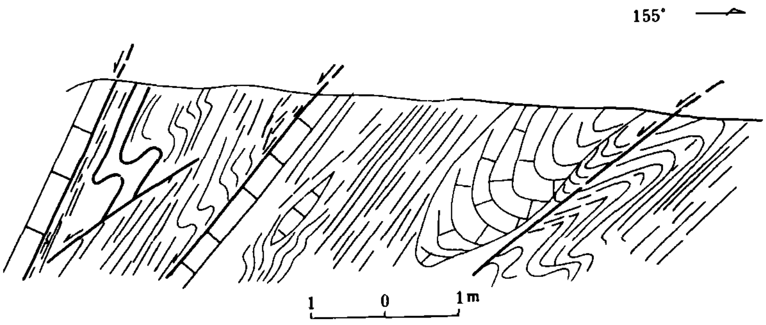

图5　棕冶过滑脱断层带素描图

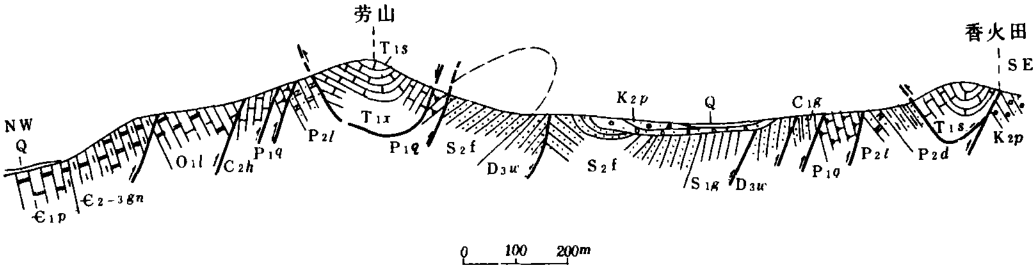

图6　幕府山构造剖面图(示向形滑块构造)
(根据江苏省及上海市地质志)

(三)褶皱-逆冲构造

宁镇山脉箱状复式褶皱在由南向北的区域性定向挤压背景下,经递进变形,变形加强,北翼倒转,乃至断层逆冲或沿早期顺层滑脱断层重新发生逆向滑移,从而形成叠瓦式逆冲构造。主要发育有三条大的逆冲断层,即徐(家山)-金(子山)逆冲断层、大红山-七里甸逆冲断层及花山-老山逆冲断层。前两条断层分别发育于孔山-天王山复式背斜和宝巢复式背斜北翼。断层上盘最新地层为三叠系,下盘最新地层则为中、下侏罗统象山群(图1、7)。象山群地层发生宽缓褶皱,分布于箱状复式向斜核部,与下伏地层不整合接触。花山-老山逆冲断层发育于桦-亭复式向斜九华山段北翼。断层上盘主要为三叠系和中、下侏罗统,下盘为古生界地层。它是沿早期顺层滑脱断层逆向滑移的结果,使向斜整体向北侧背斜翼部或转折端掩覆(图8)。上述断层带前缘常发育飞来峰,如徐金逆冲断层前缘在徐家山一带存在由中三叠统薛家村组组成的飞来峰,掩覆在象山群或黄马青组之上。单个飞来峰呈圆形、椭圆形的小山包,面积一般为100×150m²左右。断层带附近X射线岩组测定结果均表明断层发生过垂直

断层走向的纵向剪切运动和平行断层走向的水平剪切运动。

从以上特征分析，可以看出：研究区志留系—三叠系复式褶皱及复式背斜北翼分布的大型逆冲断层组合成“侏罗山式”褶皱构造，其形成和发展受志留系底部主滑脱层控制，复式褶皱内部由于层间滑脱，各岩性层褶皱应变量不一。复式褶皱内部的顺层滑脱构造是褶皱前期定向滑脱的结果，其滑脱断层部分被后期构造活动所利用和改造。

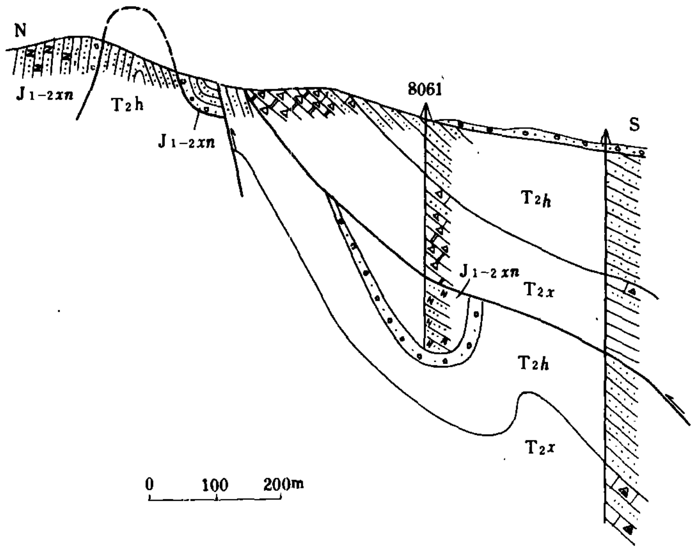

图7　杨坊山逆冲断层剖面图

（示大红山-七里甸逆冲断层）

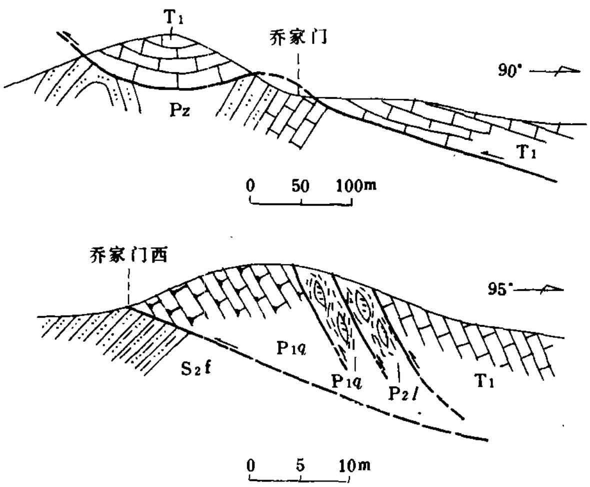

图8　乔家门逆冲断层剖面图

（示花山-老山逆冲断层）

二、多层滑脱系统及其特征

根据前述滑脱拆离构造特征，结合岩石物性参数及地球物理资料综合分析，该区存在如下滑脱系统：

1. 震旦系下统，系沉积盖层与变质基底之间的滑动（简称基底滑脱层），但本区没有出露；

2. 志留系下统高家边组与奥陶系之间，系沉积盖层内部滑动（简称志留系底部滑脱层）；

3. 下石炭统与上泥盆统五通组之间，系次级滑脱层；

4. 下三叠统与上二叠统龙潭组之间，系次级滑脱层（简称三叠系底部滑脱层）。

多层滑脱系统的共同特征是：

1. 岩性由含砾千枚岩、页岩、泥岩、煤层等非能干岩石组成；变形属高应变域，具有砾石拉长和劈理等现象；显微组构定向排列，石英、方解石等矿物拉长。

2. 滑脱层与非滑脱层的岩石力学性质具有明显的差异。滑脱层岩石表现为低强度、低密度、低视电阻率和低波速，并且杨氏模量、内摩擦角和磁化率值均小，但泊松比和石英矿物包体测温值高。这些说明非能干层作为滑脱层的物性条件。由此才可能形成印支一燕山早期顺层滑脱构造、不协调褶皱构造及褶皱一逆冲构造等一系列分界性构造。

三、印支一燕山早期滑脱拆离构造的动力背景及构造演化

（一）印支期

继震旦纪至早三叠世相对宁静的海相沉积环境之后，研究区南侧的“江南古陆”东段昆嵛大背斜继续上升，隆起带不断向北扩展，至黄马青期达到高峰。而北侧的张八岭地区在晚古生代已整体上升。由于两侧隆起而产生大范围岩块自两侧向拗陷倾斜。这为三叠纪末期发生大规模拆离滑脱作用提供了斜坡条件；下扬子拗陷带志留系底部等滑脱层的岩性主要为页岩、泥质岩，具较高的孔隙液压，它减低了岩石内摩擦，起着浮力作用，增强了弱性层的塑性，因此弱性层的存在为拆离滑脱作用提供了润滑条件；印支时期中国东部属亚洲构造域，南部块体（下扬子地区及华南地区）向北推移。这种后推力加之拆离面上滑动块体的重力作用为下扬子拗陷带形成滑脱拆离构造提供了动力条件。

宁镇山脉位于拗陷带中心，滑脱构造特征明显，为前缘强烈挤压带。印支初期（金子期）主要顺盖层内部次级滑脱层发生区域性自南向北的定向滑动，形成顺层滑脱构造。随着滑脱作用进一步加强，至印支末期（南象期）沉积盖层主要沿区域性滑脱层即志留系底部发生拆离滑脱作用，形成箱状褶皱，早期顺层滑脱构造并随之重褶。宁镇山脉挤压带以南，过渡为中间和缓褶皱带，如宜兴一广德一湖州地区形成宽缓褶皱。后缘张性断裂带分布于天目山地区。以上特征显示了宁镇山脉及其南部地区印支期滑脱拆离构造为滑覆为主、推覆为辅的动力模式。

（二）燕山早期

燕山早期中国东部开始受太平洋域影响，约185Ma 前（早侏罗世），太平洋板块从库拉、法拉隆和菲尼克斯板块间的扩张脊三联点中心开始发育。中侏罗世之后，库拉板块与太平洋

板块之间扩张脊以8cm/a 快速扩张,使库拉板块向北北西方向强烈俯冲。在这种俯冲力的作用下,研究区及其南侧继续利用印支期志留系底部滑脱面形成褶皱-逆冲构造,以强化印支期褶皱、逆冲断层等间距发育为特征,并伴随着滑覆构造,反映了以推覆为主,滑覆为辅的动力模式。

四、结　语

综上所述,得出如下结论:

1. 本文首次厘定了宁镇山脉印支—燕山早期滑脱拆离构造型式:箱状复式褶皱构造、顺层滑脱构造(滑脱褶皱、滑脱断层、滑块)和褶皱-逆冲构造。这些构造型式在下扬子拗陷带普遍存在。它们是区域多层拆离滑脱作用的结果。

2. 论证了宁镇山脉印支—燕山早期的三次构造运动:即印支期的金子运动、南象运动及早燕山运动。不同期次的构造运动形成了不同型式的滑脱拆离构造,特别是金子期的顺层滑脱构造往往被人勿视,可是它在下扬子拗陷带具有重要意义。

3. 结合区域构造分析,提出了下扬子拗陷带印支—燕山早期的滑覆—推覆的动力模式。

本文得到了陈书平同志的帮助,在此表示感谢。

(收稿日期:1990年4月27日)

参 考 文 献

[1] 马杏恒等. 地质学报,1984;58(3)
[2] 地矿部南京地质矿产研究所. 华东地区地质概况,1980
[3] 朱志澄等. 地球科学,1983;22(3)
[4] 杨森楠等. 地球科学,1987;12(5)
[5] 索书田. 构造解析(上),1985
[6] Morley C K. *Bull AAPG*,1986;70(1)
[7] 朱志澄等. 地球科学,1989;14(1)

ON THE GLIDING—DECOLLEMENT STRUCTURES DEVELOPED DURING INDOSINIAN—EARLY YANSHANIAN EPOCH IN THE NINGZHEN MOUNTAIN RANGE

Liu Shaofeng
(China University of Geology, Wuhan)

Abstract

The gliding-decollement systems at multiple levels took place within the Mesozoic—Palaeozoic marine sedimentary sequences. During Indosinian—Early Yanshan, due to first regional gravitation and then pushing-compression occurred in the area, the continuous and progressive decollement-deformation developed along different horizons within the sedimentary sequences, bringing about gliding decollement structures. The main patterns of the structure are of box-foldings, decollement along the horizons, and folding-overthrustings. In this paper, it is proposed that there are two models for the gliding decollement structures, i. e. decollement with overthrusting during Indosinian epoch and overthrusting with d. ecollement in Early Yanshan.