

合肥盆地东部对

郯庐断裂带活动的沉积响应

刘国生 著

HEFEI PENDI DONGBU DUI

TANLU DUANLIEDAI HUODONG DE CHENJI XIANGYING



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



00773434
南阳理工学院

合肥盆地东部对郟庐 断裂带活动的沉积响应

刘国生 著



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

合肥盆地东部对郯庐断裂带活动的沉积响应/刘国生著. —合肥:合肥工业大学出版社, 2009. 12

ISBN 978-7-5650-0152-9

I. 合… II. 刘… III. 含油气盆地-地质构造-研究-合肥市 IV. P548.254
P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 238439 号

合肥盆地东部对郯庐断裂带活动的沉积响应

刘国生 著

责任编辑 孟宪余

出版 合肥工业大学出版社

地址 合肥市屯溪路 193 号

邮编 230009

电话 总编室:0551-2903038

发行部:0551-2903198

网址 www.hfutpress.com.cn

E-mail press@hfutpress.com.cn

版次 2009 年 12 月第 1 版

印次 2009 年 12 月第 1 次印刷

开本 710 毫米×1000 毫米 1/16

印张 13

字数 190 千字

印刷 合肥工业大学印刷厂

发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0152-9

定价: 36.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

沉积盆地的研究是 80 年代以来国际岩石圈计划的重要内容之一,无论是地球科学理论的研究,还是矿产资源勘查,尤其在石油天然气勘探调查方面,盆地的地质研究均处于十分重要的地位。盆地的沉积可容空间、沉降史和充填序列是对构造作用的响应,盆地的记录可以用于重建岩石圈动力学过程和板块的相互作用的历史,也是反演构造演化的有利途径。80 年代以来,国际盆地研究专家越来越重视将盆地内部的构造几何形态、样式、沉积环境、热沉降史等方面与其周边构造的研究相结合,从而才能建立起盆地形成演化的正确模式。

合肥盆地位于华北板块南缘,夹持于大别造山带与郑庐断裂带之间,其中连续沉积了下侏罗统至古近系。由于其所处构造部位的特殊性,该盆地不但是大别造山带北侧研究盆—山耦合的有利地区,也是探索郑庐断裂带起源与演化的重要场所。几十年来,国内众多地质和石油地质工作者在此作了大量的地质、地球物理及石油勘探工作,积累了丰富的资料,从不同的角度对合肥盆地进行了研究,对盆地赋予了不同的含义,认为合肥盆地是由于华北板块与扬子板块沿大别胶南造山带陆陆碰撞形成的前陆盆地(朱光等,1998;李曰俊等,1997;薛爱民等,2001)、后陆盆地及后继盆地(徐树桐等,1992;王清晨等,1997;李忠等,2000)、断陷盆地(杨森楠等,1987)、再生前陆盆地(周进高等,1999;赵宗举等 2000)。然而这些观点主要是基于盆地形成时期与大别造山带的耦合关系而产生。如前所述,合肥盆地处于一特殊的构造部位,盆地的形成与演化是否为单一的构造背景,即盆山耦合,盆地后期又是如何发展、演化的;盆地的形成与演化有无受到郑庐断裂带的影响、如何影响等,尚无详细研究。这些不仅牵涉到对盆地的正确认识,也关系到对郑庐断裂带的认识,牵涉到郑庐断裂带的形成机制及其与大别山—胶南造山带的关系,更涉及到中国东部许多基础地质问题。

大量研究表明,郑庐断裂带内部及两侧控制出现了一系列盆地,其中许多是中国东部重要的含油气盆地。而对于现正处于热研中的、发育在祖国腹地的较大型中、新生代陆相盆地—合肥盆地来说,在油气方勘探方面还没有突破;就盆地自身的发展、演化规律的认识,也还有待进一步深入的研究。特别是断

裂—沉积响应,一直是研究的薄弱环节,直接影响到对与断裂有关盆地的油气评价。

针对上述问题,本文在国家自然科学基金(40272094)和胜利油田有限公司勘探项目管理部委托“安参1井同位素年代学法地层年龄测定”项目的支持下,选择郯庐断裂带南段及旁侧地块—合肥盆地作为研究对象。始终是以断裂—沉积响应为主线,以新的理论和有效的测试数据,通过对郯庐断裂带旁侧地块—合肥盆地的沉积响应研究,进而对控盆边界断裂—郯庐断裂带的演化进行了分析。本项目的研究中,投入了大量野外地质调查、采样和室内测试工作,对盆地内出露地层产状、原生沉积构造、砾石粒径、砾石成分进行了统计;采集了大量的光、薄片标本,进行了室内鉴定,并进行了重砂鉴定、粒度分析、粘土矿物的X射线衍射分析如伊利石结晶度测试、伊/蒙混层比测试及对自生粘土矿物进行了同位素年代学研究;收集了大量的钻井及地球物理勘探资料。对盆地的沉积可容空间、盆地的充填序列、沉积环境、沉积相、盆地的热史、埋藏史等进行了系统分析。在研究过程中,恰逢胜利油田有限公司在合肥盆地展开了新一轮的油气勘探工作。安参1井的钻探为深入认识合肥盆地存在的各种地质问题及获取盆地纵向上各项资料提供了保证。

本文是在作者的博士论文基础上完成,在整个过程中,自始至终得到了朱光教授的关怀与悉心指导,同时得到项目组宋传中教授、王道轩副教授、牛漫兰博士的关心和帮助,感谢胜利石油管理局勘探项目事业部李学田教授、徐春华高级工程师,胜利石油管理局地质科学研究院柳忠泉高级工程师、胜利石油管理局地球物理勘探研究院贾红义高级工程师所给予的大力帮助。在论文送审和评阅期间,得到常印佛院士、徐嘉炜教授、岳书仓教授,南京大学王良书教授、舒良树教授,西北大学刘池阳教授、中国地质大学(北京)吴淦国教授、合肥工业大学洪天求教授、周涛发教授、徐晓春教授等的帮助和扶正,在著作出版过程中,合肥工业大学出版社孟宪余副社长通审全稿并提出了大量宝贵建议,研究生苏蓉、黄磊对书稿进行了最终校对和相关图件的清绘,合肥工业大学博士启动基金对著作的出版给予了资助。在此,作者谨向上述个人和单位表示最诚挚的感谢!

目 录

前 言	(1)
第一章 走滑断裂与走滑盆地	(1)
第一节 走滑断裂	(1)
一、走滑断裂研究概述	(1)
二、走滑断裂及其相关构造	(2)
三、走滑断裂作用机制	(7)
第二节 走滑盆地	(9)
一、走滑盆地概念	(9)
二、走滑盆地分类	(9)
第二章 郯庐断裂带研究概况	(12)
第一节 郯庐断裂带的演化	(12)
一、郯庐断裂带的起源问题	(12)
二、郯庐断裂带的走滑时代证据及平移距离	(13)
三、郯庐断裂带的伸展活动	(15)
四、郯庐断裂带的挤压活动	(15)
第二节 郯庐断裂带对岩浆活动和盆地的控制	(16)
一、郯庐断裂带对岩浆活动的控制	(16)
二、郯庐断裂带对盆地的控制	(17)
三、郯庐断裂带与合肥盆地的关系	(18)
第三节 大别造山带与合肥盆地	(19)

第三章 合肥盆地特征	(21)
第一节 合肥盆地周边构造	(21)
一、合肥盆地西部边界特征	(21)
二、合肥盆地北部边界特征	(25)
三、合肥盆地南部边界特征	(26)
第二节 合肥盆地地球物理场特征	(26)
一、重力场特征	(26)
二、磁场特征	(31)
三、电性特征	(32)
四、速度场特征	(34)
第三节 合肥盆地基底与盖层	(37)
一、基底特征	(37)
二、盆地盖层	(41)
第四节 盆地构造格架及单元划分	(44)
一、盆地构造格架	(44)
二、盆地构造单元划分	(45)
第四章 合肥盆地沉积地层的同位素年龄测定	(47)
第一节 安参 1 井地层黏土矿物 X 射线衍射分析	(47)
一、井下样品采集	(47)
二、样品制备	(48)
三、X 射线衍射分析	(49)
第二节 地表样品的 X 射线衍射分析	(63)
第三节 合肥盆地地层同位素年龄测定	(66)
一、伊利石样 K—Ar 同位素年龄测定及解释	(66)
二、大理岩 Pb—Pb 等时线法测年及解释	(71)
第四节 安参 1 井同位素法测年结果综合解释与地层划分	(74)
第五章 合肥盆地对郯庐断裂带同造山走滑活动的沉积响应	(76)
第一节 郯庐断裂带同造山期走滑构造	(77)

一、合肥盆地东缘郟庐断裂带同造山走滑构造	(77)
二、大别造山带东缘郟庐断裂带同造山走滑构造	(79)
第二节 郟庐断裂带同造山期走滑活动的年代学证据	(85)
第三节 合肥盆地同造山期构造属性与前陆变形格局	(92)
第四节 合肥盆地东部侏罗系对郟庐断裂带的沉积响应	(96)
一、盆地内侏罗系充填序列及沉积相	(96)
二、沉积分布及地震相特征	(98)
第五节 合肥盆地形成与同造山期郟庐断裂带的关系	(103)
一、同造山期郟庐断裂带的构造型式	(103)
二、同造山期盆地形成模式	(105)
第六章 合肥盆地对郟庐断裂带早白垩世走滑活动的沉积响应	(107)
第一节 合肥盆地东缘郟庐断裂带造山后的走滑运动	(107)
一、郟庐断裂带造山后的走滑运动基本特征	(108)
二、造山后郟庐断裂带走滑构造的同位素年代学证据	(114)
第二节 合肥盆地下白垩统的沉积响应	(116)
一、盆地充填序列	(116)
二、盆地沉积物源分析	(117)
三、下白垩统沉积环境及沉积相	(123)
第三节 合肥盆地早白垩世走滑期构造模式及动力学背景	(129)
一、合肥盆地早白垩世走滑构造模式	(129)
二、区域动力学背景	(130)
第七章 合肥盆地对郟庐断裂带伸展活动的沉积响应	(133)
第一节 合肥盆地东缘郟庐断裂带的伸展活动	(133)
第二节 盆地内近东西向断裂构造特征	(135)
第三节 合肥盆地的沉积响应	(137)
一、盆地的沉积充填序列	(137)
二、盆地沉积物源系统分析	(139)
三、沉积相特征	(144)
四、脉动式伸展型式	(151)

第四节 伸展期合肥盆地的形成模式	(153)
第五节 伸展构造的区域动力学背景	(155)
第八章 郯庐断裂带新近纪以来的挤压构造与合肥盆地的反转	(160)
第一节 反转构造特征	(160)
一、盆缘(郯庐断裂带)逆冲构造特征	(160)
二、反转断层组合	(162)
三、褶皱作用	(163)
四、构造抬升与剥蚀量估算	(164)
第二节 郯庐断裂带及盆地新近纪以来应力场分析	(164)
一、断层擦痕资料的计算结果与解释	(165)
二、节理统计及应力场分析	(166)
第三节 反转构造的动力学背景	(168)
第四节 反转构造与油气	(169)
第九章 主要结论	(170)
附 录	(172)
参考文献	(177)

第一章 走滑断裂与走滑盆地

第一节 走滑断裂

一、走滑断裂研究概述

走滑断裂,一般是指大型平移断层,是断层两盘沿陡立的断层面作相对水平剪切滑移的构造。走滑断裂是发育在岩石圈中的最为常见的地质构造现象之一,自 1919 年 Heim 提出走滑断层这一概念以来,国际上对其研究已有近百年的历史。在早期,人们对走滑断裂的认识,是在地震时表现出地表明显水平错移这一现象而被直接感知的。上世纪三四十年代,将走滑断层的基本概念定义为:全球剪切断裂网格(Sonder, 1938)、Kennedy(1946)通过对苏格兰大谷断层的研究提出了平移断层的基本含义;继后 Sonder 和 Vening Meinez(1947)将区域走滑断层作用作为地壳的主要运动之一。到上世纪 50 年代,国际上对平移断层的研究越来越广泛和深入, Hill、Wellman、Allen、Burtman 等分别在北美、中亚阿富汗、西太平洋等地区开展了研究,其研究结果是发现了许多巨大的平移断层。其中最具有代表性的学者,美国的 Moody 与 Hill(1956)基于对北美圣安德烈斯断层系的研究,提出平移断裂构造学的基本原则,并讨论了世界平移断层网。上世纪 60 年代, Wilson(1965)研究了大洋中的转换断层,由此而解释了大洋的扩张机制。Wilcox 等 1973 年进行了平移构造的实验分析, Freund(1974)对平移断层的运动学进行了研究, Woodcock 论述了全

球走滑断层的成因分类,尤其是美国学者 Sylvester 通过长期对圣安德烈斯断层的研究,于 1984 年汇编出版了《平移断层构造》一书。在此期间,亚洲学者 Tapponier 等(1986)研究了亚洲碰撞走滑断层网, Sengor(1990)研究了地中海区走滑断层;日本学者平朝彦(1983)研究了中央构造线及有关断层,认为这些早期属于直线形构造,晚白垩世以来左行滑移达 1000km,并提出了走滑断裂带的概念。

在国内,上世纪 30 年代,著名地质学家李四光对有关旋扭构造进行了研究,提出了旋扭构造体系,这些属于世界走滑构造的重要组成部分。同期张文佑对 X 型剪破裂进行了系统研究。从上世纪 50 年代后期以来,国内学者相继展开了对境内走滑断裂的研究工作,罗灼礼(1977)对发震的鲜水河断层开展了研究;徐嘉炜(1980, 1987, 1993)、张用夏(1975, 1984)、邓乃恭、郭振一、陈丕基、朱志文等,对郯庐断裂带进行了研究,从不同角度探讨了郯庐断裂带的成因及平移幅度。朱成男(1982)、钟大赉、吴海威等(1989)对红河—哀牢山断层进行了研究,张治洮、蔡学林(1990)对阿尔金断层进行了研究。其中以徐嘉炜教授等,通过对中国东部郯庐断裂带的研究提出了郯庐平移断裂构造,最具影响力。近些年来,随着同位素年代学在断裂形成时代研究中的应用,朱光等(2002, 2003)开展了对郯庐断裂带的年代学系统定年工作,从时间维厘定了郯庐断裂带的发展、演化历史。

上述研究成果为走滑断裂的深入研究奠定了基础、作出了重要贡献。

二、走滑断裂及其相关构造

走滑断裂是地球上大规模水平运动的直接证据。大型走滑断裂的存在往往构成不同构造单元的边界,具有区域性构造特征。走滑断裂的形成机制以简单剪切为主,在走滑断裂作用下,不仅会产生对较早时期已存构造的错移,而且,受其影响还会使旁侧块体产生旋转改造。在走滑运动的同时,还可导致一系列次级别构造的产生,即受断裂活动影响而产生伴生、派生构造,直接影响断裂带周边不同属性的地质单元形成与演化。因此,对大型走滑断裂的研究不仅限于其自身,而且可以从不同侧面揭示地球动力学背景,这些研究成果对阐

明大陆含油气盆地的形成、金属矿产的分布与改造、对国民经济建设中的工程地质稳定性及地质灾害的预测和预防等都有着十分重要的意义。

(一)伴生的断裂构造

1. 平移构造

地球岩石圈板块间是以相对水平运动为主,在此地球动力学环境下,产生大型走滑断层的同时,还会产生一系列与走滑断层作用有成因联系的、具有不同力学性质的伴生构造,它们之间的关系符合 Riedel 原则(图 1-1),徐嘉炜(1995)、Wilcox R. E.、Harding T. P.、Seely D. R.(1973)、赵翔等(1989)称之为平移构造。

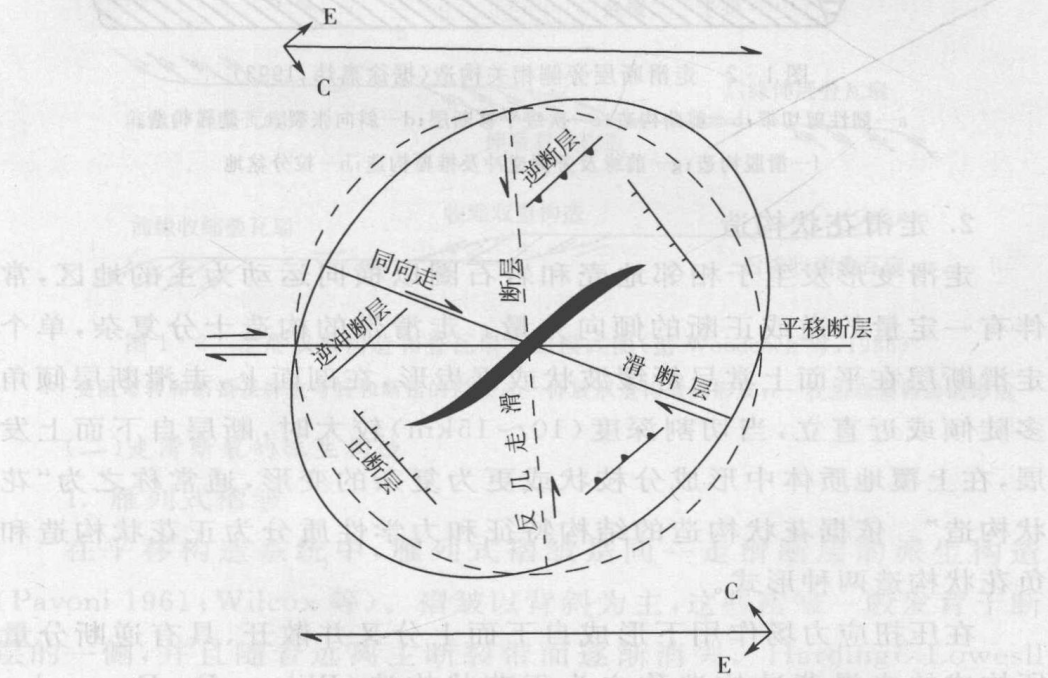


图 1-1 平移断层的剪切应变椭球及有关褶皱、断层的几何关系

(据 Harding,1974,引自徐嘉炜,1995)

主应变方向:C 压缩,E 伸长。褶皱轴迹作 S 形,示右行断层,左行相反

徐嘉炜(1995)基于对中国东部巨型断裂——郯庐断裂带平移系统的详细研究,建立了郯庐断裂带的各种平移构造的综合模型(图 1-2)。

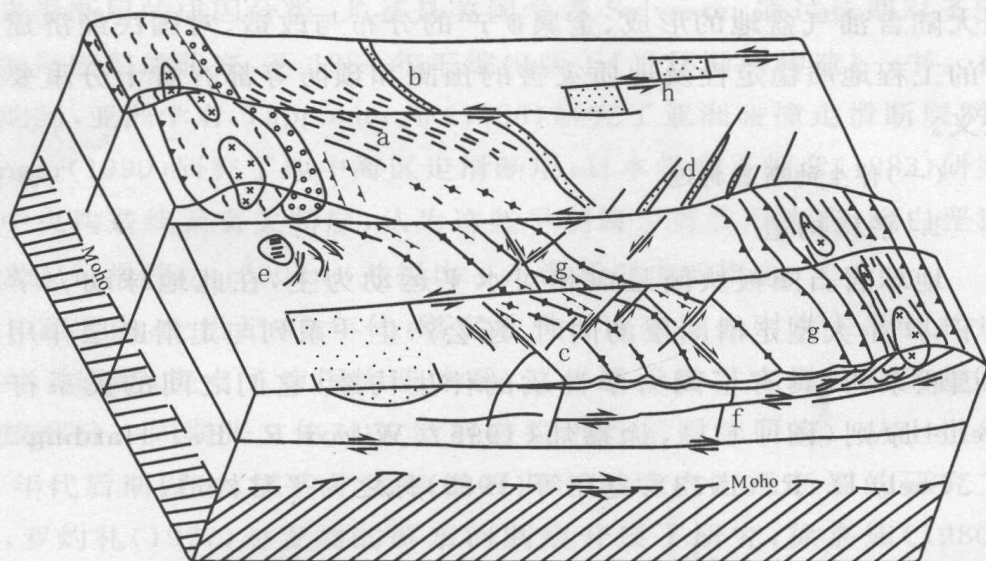


图 1-2 走滑断层旁侧相关构造(据徐嘉伟,1993)

a—韧性剪切带;b—剪曲构造;c—次级平移断层;d—斜向张裂;e—旋转构造;
f—滑脱构造;g—前缘及旁侧逆冲及推覆构造;h—拉分盆地

2. 走滑花状构造

走滑变形发生于相邻地壳和岩石圈以横向运动为主的地区,常伴有一定量的逆或正断的倾向分量。走滑带的构造十分复杂,单个走滑断层在平面上常呈舒缓波状或锯齿形,在剖面上,走滑断层倾角多陡倾或近直立,当切割深度(10~15km)较大时,断层自下而上发展,在上覆地质体中形成分枝状或更为复杂的变形,通常称之为“花状构造”。依据花状构造的结构特征和力学性质分为正花状构造和负花状构造两种形式。

在压扭应力场作用下形成自下而上分叉并散开、具有逆断分量所构成的走滑背冲构造称之为正花状构造(Wilcox R. E. et al., 1973)或棕榈树构造(Sylvester A G, 1988)。正花状构造的特点是断层下陡上缓凸面向上,断层带内被切割的地层多呈背形,但不具弯滑褶皱性质(朱志澄,1990)。

在张扭性应力场作用下,形成由下而上的一组断面上凹的、具正断分量的、似地堑式构造组合,断层内地层平缓,在浅部受断层破坏影响呈不具弯滑褶皱性质的向斜(朱志澄,1990),为负花状构造(Harding T. P., 1985)或称为郁金香构造(Sylvester A. G., 1988)。

3. 走滑双重构造

走滑双重构造,是指在走滑断层作用,断裂弯转、断错和非连续的里德尔破裂等部位发生汇聚走滑和离散,形成一组次级的同向叠瓦状走滑断裂,两侧被主走滑断裂所围限,同时在断裂端部形成叠瓦扇构造(图 1-3)(Sanderson D. J., et al., 1984; Davis G. H. et al., 1996),这样的构造在平面上的表现形式为走滑双重构造(Woodcock N. H., Fischer M., 1986)。

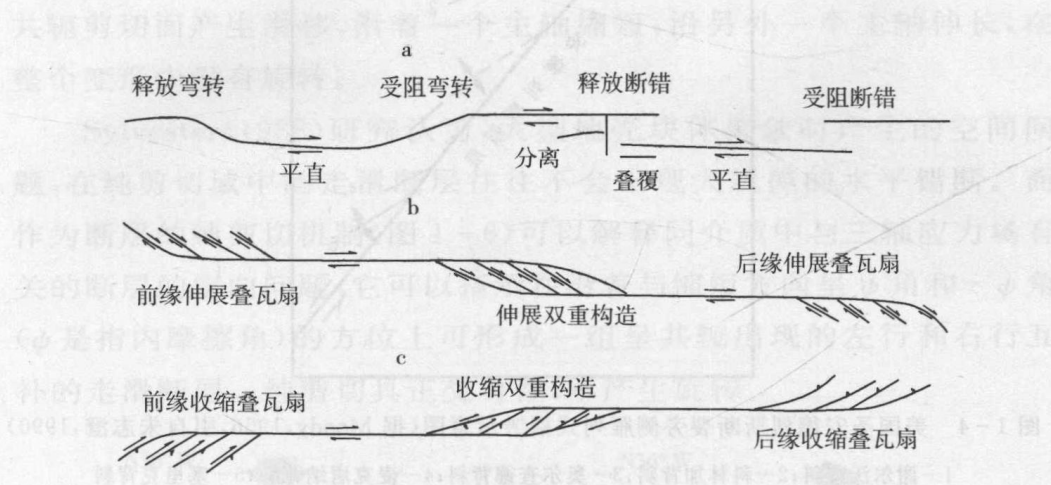


图 1-3 走滑双重构造和叠瓦扇平面模式图(据 Woodcock 等,1986)

a—受阻弯转和断错及释放弯转和断错的形成;b—伸展双重构造的形成;c—收缩双重构造的形成

(二)走滑断裂的派生构造

1. 雁列式褶皱

在平移构造系统中,雁列式褶皱是同一走滑断层的派生构造(Pavoni 1961; Wilcox 等)。褶皱以背斜为主,这些褶皱一般发育于断层的一侧,并且随着远离主断裂带而逐渐消失。Harding & Lowesll (1979)研究认为这些雁列褶皱轴在平面上与主剪切带以 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 角相交,如著名的北美圣安德烈斯断裂(图 1-4)。

2. 牵引弯曲

断裂两盘的地层,在走滑断裂中常被走滑而发生牵引式弯曲(图 1-5)。我国学者徐嘉炜通过对郯庐断裂带的研究认为,除前述与走滑断层有关的褶皱构造外,还存在老的褶皱轴迹被断裂走滑牵引而弯曲,在主断裂带旁侧出现牵引弧(徐嘉炜,1980,1987,1993)。不仅如此,受断裂的简单剪切,还会在主走滑断层两侧产生旋转构造,这些旋转构造符合李四光教授的扭动构造型式,如在郯庐断裂带旁侧

发育的安庆洪镇帚状构造(安徽区调队,1988)、辽宁铁岭大甸子莲花状构造(辽宁区测一队,1973)等。

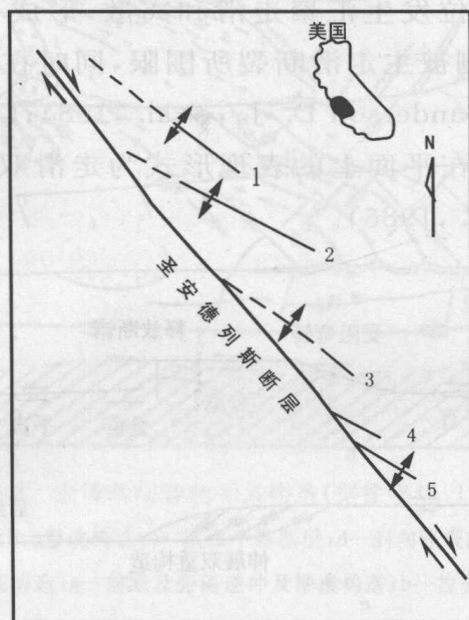


图 1-4 美国圣安德烈斯断裂旁侧雁列式褶皱示意图(据 Moody,1956,引自朱志澄,1990)

1—谢尔沃背斜;2—科林加背斜;3—奥尔查德背斜;4—麦克唐纳背斜;5—塞里克背斜

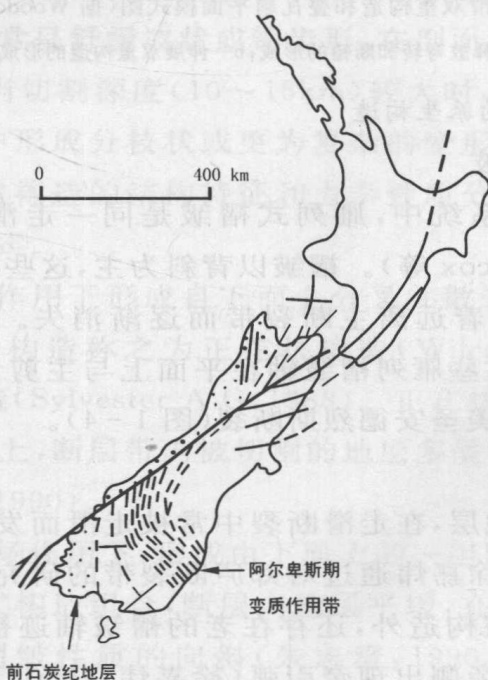


图 1-5 新西兰阿尔卑斯走滑断层及其南东盘的牵引弯曲

(据 H. W. Wellman,1952;引自,朱志澄,1990)

三、走滑断层作用机制

(一)走滑断层纯剪机制

纯剪机制指的是在相互垂直的方向上,初始应力在挤压或拉张作用下,一点附近的单元体在一个方向上受到的压应力等于另一个方向上受到的拉应力,在两个相互垂直方向各成 45° 的截面上,只有剪应力没有正应力,而且在这个截面上剪应力最大。在变形时沿着共轭剪切面产生滑移,沿着一个主轴缩短,沿另外一个主轴伸长,在整个变形中没有旋转。

Sylvester(1988)研究认为,大型地壳块体聚敛时产生的空间问题,在纯剪切域中的走滑断层往往不会出现大规模的水平错断。而作为断层的纯剪切机制(图 1-6)可以解释同介质中与三轴应力场有关的断层的定向问题,它可以指示在沿着与缩短方向呈 ψ 角和 $-\psi$ 角(ψ 是指内摩擦角)的方位上可形成一组呈共轭出现的左行和右行互补的走滑断层。纯剪切具正交对称,不产生旋转。

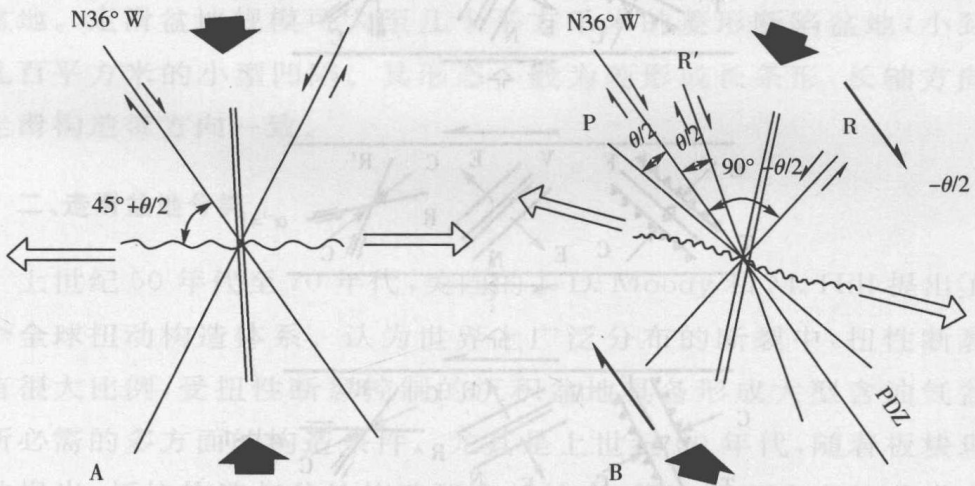


图 1-6 走滑断层作用的纯剪机制与单剪机制平面模式

(据 Sylvester, 1988, 引自徐嘉炜, 1995)

A. Coulomb—Anderson 纯剪模式; B. Riedel 单剪模式; P 为 P 破裂; R 及 R' 为同向与反向剪切破裂; PDZ 为主要位移带; θ 为内摩擦角; 短粗黑线箭头为缩短轴; 长空箭头为伸长轴; 波状线示褶皱轴的拉伸方位

(二)简单剪切机制

简单剪切机制是受力各点有一力偶或转矩效应,是一种旋转应

变,属于单斜对称。在实际中,大型走滑断层多属于单剪范畴。随着板块理论的出现,大型走滑断层的形成及地球动力学背景与岩石圈板块间的相对水平运动及其相互间的离散与斜向汇聚有关。大量研究表明,在地球岩石圈板块间的相对水平运动的地球动力学环境下,在单剪应力场中才能产生位移达数千千米的大型走滑断层。显然,走滑变形是在不同层次相邻地块间发生侧向运动的结果,实际上纯侧向运动是很少的。通常在走滑运动中常伴有一定量的正向或逆向滑移分量,根据受力物体受其初始应力状态影响,它们可分为压剪与张剪。压剪是指初始应力状态既有单剪作用又有压应力作用(王义天等,1999),张剪的初始应力状态则是除单剪作用外还存在张应力。钟嘉猷(1998)通过光弹实验揭示了压剪和张剪不同的应力状态分布。Sanderson 等(1984)给出了单剪、压剪和张剪三种机制中相关构造的发育特征(图1-7)。

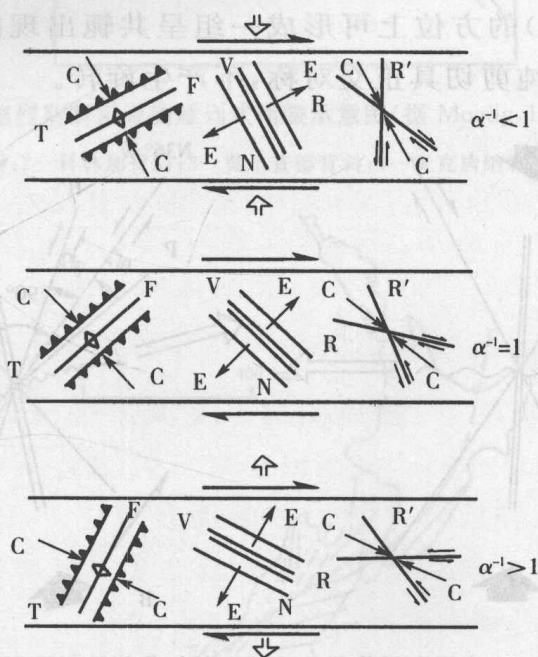


图1-7 单剪与压剪和张剪模式关系对比图(据 Sanderson 等 1984)

C—为压扭轴(σ_1);E—为拉伸轴(σ_3);N—为正断层;T—为逆断层;R R'—为里德尔剪切或扭断层;

V—为脉体、岩墙或张裂隙;F—褶皱轴