

克拉通盆地分析

何登发 董大忠 吕修祥 曹守连 编著



石油工业出版社

北京)

77

8

登录号	127163
分类号	P 544
种次号	003

克拉通盆地分析

何登发 董大忠 吕修祥 曹守连 编著

52/31 /13



石油0121059

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统地讨论了克拉通盆地的基本概念、类型及其成因机制,从对伊利诺斯、密歇根、威利斯顿、巴拉那、巴黎、波罗的、西西伯利亚、卡奔塔利亚、非洲、四川、塔里木、鄂尔多斯等克拉通盆地的分析出发,论述了克拉通盆地油气聚集、油气资源及油气勘探的基本特点。

本书可供从事煤田、油气地质与勘探的生产和科研人员使用,也可作为有关院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

克拉通盆地分析/何登发等编著.

北京:石油工业出版社,1996.

ISBN 7-5021-1699-0

I. 克...

II. 何...

III. 陆台-盆地-研究

IV. P544

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 03960 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里 2 区 1 号楼)

北京地质出版社印刷厂排版

石油管道报社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开 11.5 印张 28 5 千字 印 1-1000

1995 年 8 月北京第 1 版 1996 年 8 月河北第 1 次印刷

ISBN7-5021-1699-0/TE·1447

定价:20.00 元

前 言

克拉通盆地是长期保存下来的盆地,其油气储量约占全球油气储量的四分之一,在世界石油工业中具有举足轻重的地位。

早在一个半世纪之前,就已开始了对克拉通盆地的油气勘探并发现了油田,而今在勘探成熟的克拉通盆地仍能发现工业性油气区带,这种漫长的勘探历程受克拉通盆地油气分布规律的制约。

克拉通盆地是最为简单的而又是最为复杂的盆地,迄今为止对其成因仍莫衷一是。这种类型的盆地在地球历史后期长期存在,因此是研究这一阶段地球动力学演变的重要依据。显生宙两个构造巨旋回对克拉通盆地的演化有重要影响。

克拉通盆地的油气田大多为中小型。西西伯利亚盆地是叠加在一复合盆地基础上的克拉通内拗陷,油气田规模大、数量多,在全球绝无仅有。相反,南半球的许多大型克拉通盆地并不含油。

克拉通盆地油气聚集规律复杂,存在聚集最佳时效问题,保存条件是油气成藏的一项重要因素。

在本书的编写过程中,承蒙中国科学院院士李德生教授和童晓光教授的悉心指导,并得到了贾承造教授、宋建国教授和陈发景教授的热情帮助,对他们的悉心教诲,谨致谢意。

本节共分五章,第一章第二节,第二章第七、八节,第三、四章由何登发执笔;第二章第一、六、九节由董大忠执笔;第二章第三、四节由吕修祥执笔;第一章第一节、第二章第二、五节由曹守连执笔;第五章由何登发、董大忠执笔,最后由何登发统稿。

由于水平有限,加之时间仓促,文中难免有不妥之处,敬请同行不吝赐教。

编著者
1996年1月

目 录

第一章 克拉通盆地的基本概念	(1)
第一节 克拉通盆地的概念.....	(1)
第二节 克拉通盆地的不整合及其层序	(14)
第二章 典型克拉通内盆地分析	(18)
第一节 伊利诺斯盆地	(18)
第二节 密歇根盆地	(34)
第三节 威利斯頓盆地	(35)
第四节 巴拉那盆地	(41)
第五节 巴黎盆地	(48)
第六节 波罗的盆地	(57)
第七节 西西伯利亚盆地	(66)
第八节 澳大利亚卡奔塔利亚盆地	(79)
第九节 非洲克拉通内盆地	(84)
第三章 克拉通盆地的形成机制	(95)
第一节 克拉通盆地基本成因假说概述	(95)
第二节 克拉通盆地的动力学	(98)
第三节 克拉通盆地的沉降特征.....	(108)
第四节 泛大陆裂解与新克拉通盆地.....	(122)
第五节 克拉通盆地的构造演化.....	(124)
第四章 克拉通盆地的油气聚集	(127)
第一节 克拉通盆地的油源基础.....	(127)
第二节 克拉通盆地的储盖组合.....	(132)
第三节 克拉通盆地的圈闭类型.....	(141)
第四节 克拉通盆地的油气运移规律.....	(146)
第五节 克拉通盆地内油气的聚集与保存.....	(154)
第六节 克拉通盆地油气田的分布规律.....	(157)
第五章 克拉通盆地的油气资源与油气勘探	(162)
第一节 克拉通盆地的油气资源.....	(162)
第二节 克拉通盆地的油气勘探.....	(172)
主要参考文献	(178)

第一章 克拉通盆地的基本概念

克拉通盆地位于陆壳或刚性岩石圈之上,与中生代巨型缝合线无关,这是极为重要的一种盆地系列。本章讨论了克拉通盆地的定义、发生发展的古地理构造背景、成因及其基本分类;在此基础上,介绍了克拉通盆地的不整合分析方法及其层序概念。

第一节 克拉通盆地的概念

一、克拉通盆地

“克拉通”(Craton)和“克拉通的”(Cratonic)(Sloss 和 Speed, 1974)一直难以定义。“克拉通”一词最先由 Stille(1936, 1941)使用,意思是指极其稳定的圆盾或地盾(Sloss, 1988);这种稳定的地盾为周缘地槽所环绕。Kay(1947, 1951)识别出挠曲边界,即沃萨奇线(Wasatch line)和阿迪朗达克线(Adirondack line)。这两条线标定了北美冒地槽西部和东部的内部边界,并把挠曲之间的广大稳定区定义为克拉通。当人们认识到与冒地槽有关的楔形或棱柱状沉积物是沉降的大陆边缘沉积作用的产物时,冒地槽这一术语便不流行了(Sloss, 1988)。这一识别遗忘了克拉通的定义以及什么是亦或不是克拉通的和外克拉通的。

Sloss(1988)把克拉通定义为具有厚层大陆地壳的广大区域,在几百万至几千万年内其位置保持在海平面附近的几十米范围内,但这并不是讲克拉通不能发生变形。日益增多的事实表明,克拉通不仅不是不活动的、稳定的和不变形的,相反,它经受过程度不一的变形作用,其中包括达几千米的位移(Sloss 和 Speed, 1974)。但是鉴于克拉通的长期稳定特性,Sloss(1988)认为任何表现为克拉通性质的地块应当被称作克拉通的。

美国地质研究所出版的《地质词典》一书中同样将克拉通定义为长期保持稳定和仅有微弱变形的地壳。这一术语限指大陆,包括(1)地盾,指暴露基底岩石,通常具很平缓的凸起表面的大片区域,该区域为沉积物覆盖的地台所围绕;(2)地台,是指被平展的或缓倾斜的沉积岩所覆盖的一部分大陆,其下为在早期变形期间固结的各种岩相复合体。据此,表现为克拉通性质的增生的地块包括在内,如 Bally(1989)指出划分盆地为克拉通的一个前提是至少存在一个前中生代的刚性岩石圈,增生的前中生代复合体可以组成克拉通盆地的基底。因此,克拉通盆地可以位于结晶的前寒武纪基底、古生代基底或者裂隙的或是其他增生的大陆岩石圈物质之上,只要这种物质表现为克拉通性质。

一定时期内克拉通边界的改变与克拉通概念是吻合的。例如,在显生宙初期,这些边界位于陆架坡折或刚好在其内侧,标明了当时的古大陆被动边缘。由于这些边界难以建立,因此美国北美克拉通的边界是从实用的角度上定在塞维尔造山带、沃希托—马拉松造山带和阿巴拉契亚造山带的主要冲断层带内部的适当位置(Sloss, 1988)。即从定义上讲,发育在这些界线圈定范围内的盆地为克拉通盆地。

克拉通盆地包括形成在克拉通周边环境的和克拉通内部的盆地,前者是指盆地发育在克拉通边缘或靠近克拉通边缘。表 1-1 对比了许多研究者提出的克拉通盆地类型。裂谷或坳拉槽可以发育在陆壳之上,属于克拉通盆地的一种类型,但是,它们是一类独特的盆地,具有特定的

控制油气产出的条件(见 AAPG 世界石油盆地丛书中的《内陆裂谷盆地》)。周缘克拉通盆地常划归为前陆或前渊盆地(见 AAPG 世界石油盆地系列丛书中的《前陆盆地和褶皱带》)。本书重点讨论位于基底之上的简单克拉通内盆地和位于早期形成的裂谷或其他类型的盆地之上的复杂的克拉通内盆地(表 1-1)。仅在要了解克拉通内盆地和阐明克拉通盆地系列时才涉及周缘克拉通盆地和裂谷型盆地。

表 1-1 克拉通盆地术语总结(据 Leighton, 1991)

Bally 和 Snelson(1980,1986)	Klemme(1980,1986)	Bois 等(1982)	Kingston 等(1983)	Klein(1987)
裂谷	大陆裂谷盆地	拉分盆地	内断裂盆地	裂谷盆地和坳拉槽
克拉通盆地 ^①	克拉通内部盆地	克拉通内盆地 ^③	内坳陷盆地	{ 内克拉通盆地 克拉通边缘盆地
位于裂谷上的克拉通盆地	克拉通/增生的	克拉通内盆地 ^④		
位于其他类型盆地之上克拉通盆地 ^②	边缘复合盆地 同上 ?			
前渊盆地	克拉通边缘复合盆地 和地壳碰撞带盆地	周边克拉通盆地 ^⑤	多旋回盆地 ^⑥	前陆盆地
褶皱带	?	周边克拉通盆地	多旋回褶皱带	?

注:①定义为位于前中生代大陆岩石圈之上;
 ②定义为位于早先的弧后盆地之上;
 ③定义为位于结晶基底之上;
 ④定义为位于另一分类中的早期盆地之上;
 ⑤未褶皱的前渊或与之相关的裂陷槽所覆;
 ⑥为褶皱的前渊所覆。

本书中使用的术语“克拉通内盆地”(Interior cratonic basin)等同于下列名称,即内陆坳陷盆地、内陆克拉通坳陷盆地、克拉通内陆盆地。这类盆地的亚类是 Bally 和 Snelson(1980)划分的,包括那些位于不同类型先前盆地之上的盆地(例如,位于裂谷或其他类型盆地之上的盆地)。从定义出发,克拉通内盆地同样也包括克拉通增生的边缘复合体(Klemme,1986)。从广义上讲,克拉通盆地这一术语是指所有发源在克拉通之上的盆地(图 1-1)。坳陷(Sag)(Kingston 等,1983)在本书中仅限指形态意义上的坳陷,而不具有成因意义。

二、克拉通内盆地的成因和分类

不同的作者对克拉通盆地的理解和分类各异,形成了三派观点。第一种观点是将板块构造现象同克拉通盆地的成因联系,或明确或含蓄地将坳陷与伸展相联系,或许还伴有热沉降;第二种观点是认为由于岩石圈的变化,克拉通盆地在没有明显伸展或挤压的状态下被动地沉降;第三种观点则不甚明朗,定义较为谨慎。

Bally 和 Snelson(1980)认为盆地是指沉积厚度通常超过 1000m 的沉降区域。他们完全依据板块构造概念的分类(表 1-2)强调盆地的位置与巨型缝合线和 A 型(阿尔卑斯)以及 B 型(贝尼奥夫)俯冲边界的关系。表 1-2 列出三类沉积盆地,包括(1)与巨型缝合线无关的、位于刚性岩石圈之上的盆地;(2)与挤压巨型缝合线有关,并且位于其两侧的刚性岩石圈之上的周边缝合线盆地;(3)位于巨型缝合线之上,并且主要在巨型缝合线内的浅缝合线盆地。克拉通盆地被定义为简单盆地,位于前中生代大陆岩石圈之上。对这类盆地的进一步区分是根据其位于早

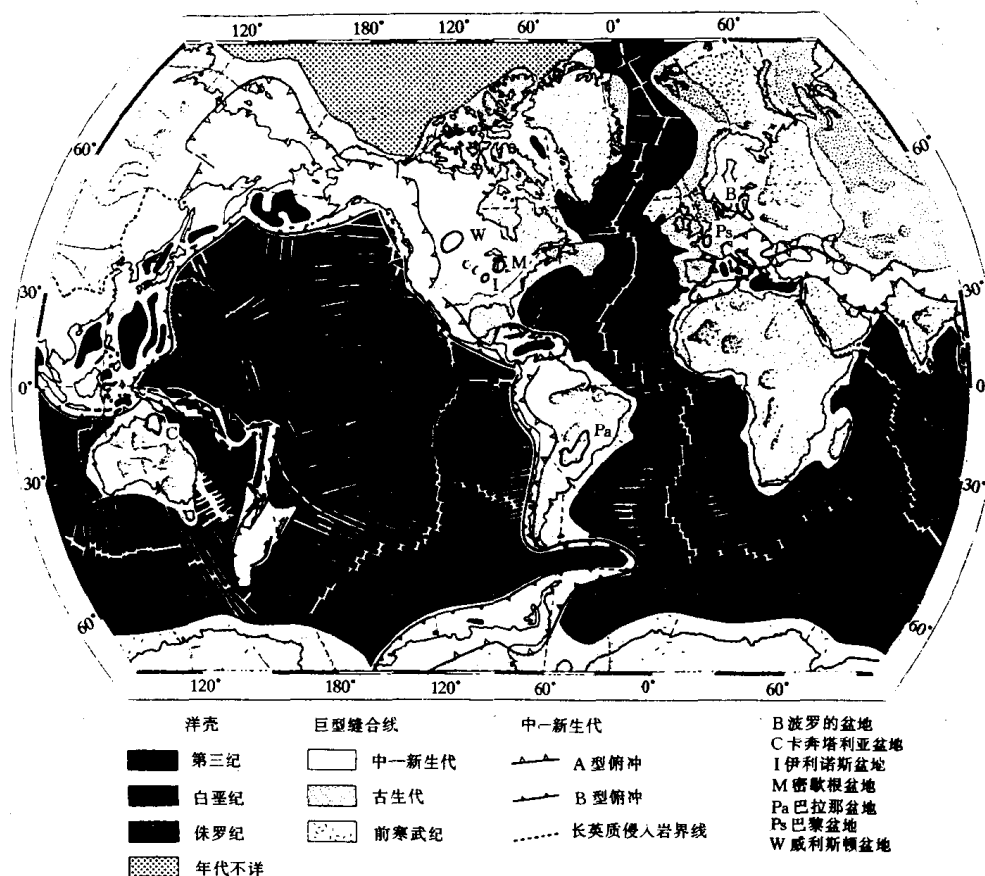


图 1-1 克拉通盆地的地理位置图(Bally 和 Snelson,1988)

期的裂谷地堑之上(例如,北海)或早期的其他类型的盆地之上(例如,西西伯利亚)。诚如 Bally (1989)所言,我们大陆上的那些易使人误解的简单克拉通浅碟的成因尚未得到解释。

Klemme(1980,1986)对盆地分类的依据是地壳的性质、相对于板块活动的构造位置、盆地的形态及其历史(St. John 等,1984)。盆地的形态是指盆地的范围、形状与大小,体积和面积的比值以及结构形态。他的分类方案如表 1-3 所示。克拉通盆地以其大地构造位置有别于其他类型的盆地。它们表现为 I 型克拉通内部盆地,II—A 型克拉通边缘盆地,II—B 型克拉通/增生边缘盆地(具克拉通拗陷式凹陷位于裂谷层序之上),以及 III—A 型大陆裂谷盆地。本书所讨论的只是 I 型、II—B 型和 III—A 型盆地。对 III—A 型盆地,仅着重讨论位于早期裂谷之上的拗陷旋回。然而,需要涉及整个克拉通盆地系列(表 1-1),包括 II—A 型的前渊盆地和 III—A 型盆地的裂谷部分。

Kingston 等(1983)的全球分类体系将盆地分为两大类,一类是指形成在陆壳上的盆地,另一类是完全位于洋壳上的盆地;进一步的细分是据沉积旋回和控制盆地旋回的构造来划分的。这种标记型方案反映了盆地的构造改造,这种构造经常导致多阶段或复杂盆地的形成。Kingston 的分类强调盆地发展的演化特征,即在 70 年代广为认识的盆地发育的动力学。

在 Kingston 的分类中,克拉通内盆地(内陆拗陷盆地)是在板块离散条件下完全形成于陆壳之上的盆地,板块离散是内拗陷旋回或盆地的根本成因。这些盆地一般位于大陆地块内部,如果发育在板块边缘,则其轴向通常以较大的角度与边缘相交。它们正常的形态或多或少为圆形—椭圆形,这是大陆地壳发生简单拗陷的结果,一般只伴随少量断裂作用或没有断裂活

动。某些内陆拗陷盆地是简单的或单旋回盆地,而其他的一些盆地为多拗陷旋回的产物。若下伏裂谷存在,被 Kingston 等视为独立的旋回/盆地发育,即内陆断裂的旋回/盆地。若内陆断裂盆地的构造样式转变为内陆拗陷盆地型,则其为多阶段多旋回盆地。

表 1-2 经 St. John 等(1984)修改的 Bally 和 Snelson(1980)的盆地分类(据 Leighton, 1991)

-
1. 位于刚性岩石圈之上与巨型缝合线形成无关的盆地
 11. 与洋壳形成有关的
 - 111 裂谷
 - 112 与大洋转换断层有关的盆地
 - 113 大洋深海平原
 - 114 分隔洋壳和陆壳的大西洋型被动大陆边缘(陆架、斜坡和隆起)
 - 1141 位于早期裂谷体系之上
 - 1142 位于早期转换体系之上
 - 1143 位于早期(321)和(322)型弧后盆地之上
 12. 位于前中生代大陆岩石圈之上
 - 121 克拉通盆地
 - 1211 位于早期裂谷地堑之上
 - 1212 位于早期(321)型弧后盆地之上
 2. 位于刚性岩石圈之上的、与挤压性巨型缝合线形成有关的缝合线周边盆地
 21. 邻近 B 型俯冲边缘的洋壳上的深海沟或海槽
 22. 前渊和下伏台地沉积物或邻近 A 型俯冲边界的陆壳上的海槽
 - 221 具有埋藏地堑的斜坡,很少或没有块状断裂
 3. 位于挤压性缝合线之上并且主要位于其内的缝合线盆地
 31. 与 B 型俯冲带有关的
 - 311 弧前盆地
 - 312 环太平洋弧后盆地
 - 3121 以洋壳为底与 B 型俯冲带有关的弧后盆地(即严格意义上的边缘海)
 - 3122 以陆壳或过渡壳为底,与 B 型俯冲有关的弧后盆地
 32. 与大陆碰撞有关的、位于 A 型俯冲弧凹侧的弧后盆地
 - 321 位于陆壳之上的潘诺亚型盆地
 - 322 位于过渡壳和洋壳之上或西地中海型盆地
 33. 与缝合线上巨剪体系有关的盆地
 - 331 大盆地型盆地
 - 332 加利福尼亚型盆地
 4. 褶皱带
 41. 与 A 型俯冲有关的褶皱带
 42. 与 B 型俯冲有关的褶皱带
 5. 高原玄武岩
-

随着盆地演化方面资料的增加,Green(1984, 1985)描述了沉积盆地演化的地壳旋回。尽管他并非着重讨论克拉通盆地,但却指出假如地壳的伸展作用夭折于早期阶段,则会形成椭圆形的克拉通内盆地。盆地沉降伴随着热事件的衰减说明了盆地的伸展成因。

Klein(1987)提出根据板块边缘的性质、盆地在板块中的位置、地壳的性质和盆地形成的地球动力学模式进行盆地分类。引入地球动力学模式使得 Klein 的分类不同于 Bally 和 Snelson、Klemme 和 Kingston 等的分类,而且该分类主要依据这一因素。大陆板块上可发育两类克

拉通盆地,即内陆的和边缘的(边界的)。形成这两类盆地的地球动力学模式包括裂谷、伸展和热沉降。

表 1-3 Klemme(1986)的盆地分类

构造位置	区域应力	盆地形态 (大小)	盆地 结构	石油盆地类型
大 陆	伸展 坳陷	圆—长条形 (大型)	坳陷	I. 克拉通内盆地
	挤压 伸展?	长条形—圆形 (大—中型)	前渊 台型或坳陷	II. 大陆多旋回盆地 A. 克拉通边缘—复合型
	坳陷 伸展	变化的 (大—中型)	坳陷 裂谷	B. 克拉通/增生边缘—复合体
聚敛边缘 “碰撞”	挤压 伸展	长条形 (大型)	前渊 台型或坳陷	C. 地壳碰撞带—聚敛板块边缘,下坳成小洋盆 a)闭合型;b)槽型;c)开闕型
大 陆	伸展 (局部 扭压)	长条形 (窄断层控制) (小—中等)	裂谷/坳陷	III. 大陆裂谷盆地 A. 克拉通和增生带盆地
聚敛边缘 “消减”	伸展 和 扭压	长条形 (小型)	“裂谷/扭动” 裂谷/坳陷	B. 裂谷后聚敛边缘—洋壳消减 a)弧后;b)转换;c)中间的
离散边缘 “拉分”	伸展	长条形 (小—中型)	“裂谷/漂离” 裂谷/半坳陷	C. 裂谷后被动边缘—离散 a)平行;b)转换
大陆及所有边缘	伸展 坳陷 ?	圆—长条形 (中型)	“改造的 坳陷”	IV. 三角洲盆地—第三纪至今 A. 同沉积型 B. 构造型
大陆边缘 “消减”	挤压和 伸展	长条形 (?)	俯冲	V. 弧前盆地

克拉通内盆地的伸展性成因在 Klemme(1980)、Kingston 等(1983)和 Klein(1987)的分类中是明确的,但在 Green(1984,1985)、Bally 和 Snelson(1980)的分类中则不明朗。Bally 和 Snelson(1980)指出对简单克拉通盆地(俄文文献上称台向斜)和其对应物——克拉通穹窿(台背斜)的发育缺乏令人信服的解释。然而,克拉通盆地可划分为位于简单地堑系之上的克拉通盆地或位于与弧后扩张或隐含的剪切构造有关的早期盆地结构之上的克拉通盆地,这种划分隐含有盆地形成的伸展方式,或许还伴有热收缩。

相反,Helwig(1985)将板内坳陷或克拉通盆地划分为板内被动盆地,它们的形成没有明显的伸展或挤压,盆地的沉降归因于其下岩石圈的热变质变化。

为了避免成因含义,Bois 等(1982)在不考虑盆地沉降原因的前提下,定义了两类克拉通盆地(表 1-4 和图 1-2)。其他的七类盆地有明确的构造含义。两种克拉通盆地包括(1)位于结晶基底之上的盆地和(2)位于早期另一类盆地之上的盆地。Bois 等(1982)划分这类盆地的例子以

及其他类型的盆地如表 1-1 和图 1-2 所示,划分盆地类型的主要参数为大地构造。有两组盆地是据沉积速率划分的(即一组的沉积速率小于 25m/Ma,而另一组的沉积速率可达 100m/Ma)。在这两组盆地中,构造组合被用来进一步细分盆地类型(表 1-4)。

表 1-4 石油赋存状态的大地构造分类(据 Bois 等,1982)

赋存状态	类别	特征	实例
与活动带无关的	I. 台地或克拉通盆地(沉积速率达 25m/Ma)		
	1.	位于结晶基底之上的克拉通盆地	密歇根、巴黎、北撒哈拉、阿拉伯台地
	2.	位于另一种类型的先期盆地之上的克拉通内盆地	西北德国盆地、北海中的弗雷格和福特盆地
	3.	位于褶皱带的前渊之上的克拉通边缘盆地	中东山麓丘陵的中生界、玻利维亚山麓丘陵
与活动带有关的	4.	位于褶皱带的前渊或相关的槽之上的克拉通边缘盆地	阿尔伯达的古生界、马拉开波的白垩系和始新统
被动板块边缘	II. 快速沉降的盆地(沉积速率可达 100m/Ma)		
	5.	拉分盆地或相关的槽	尼日利亚、加蓬、苏伊士湾盆地
	6.	位于克拉通边缘盆地之上的未褶皱的前渊或相关的槽	委内瑞拉东部的俄非瑟拉、阿科盆地
	7.	褶皱的前渊	罗马尼亚前渊、特立怪达
	8.	山间或中国型盆地	维也纳盆地、潘诺亚盆地、加利福尼亚、柴达木
	9.	弧后盆地或相关的槽	西北婆罗洲、柴达木

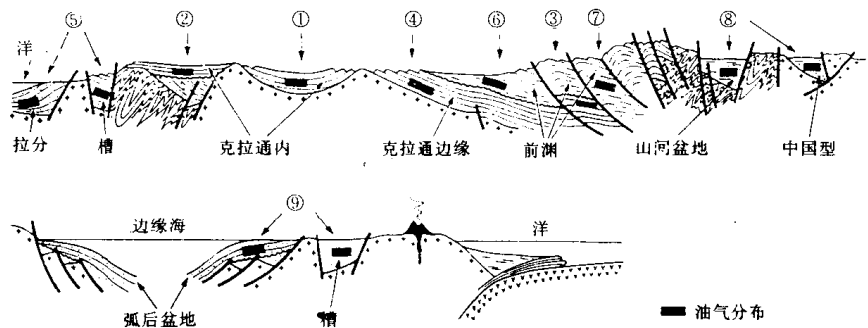


图 1-2 石油赋存位置大地构造分类图(据 Bois 等,1982)

应予以注意的是最近人们认为板块内部沉降也可以是岩石圈挠曲的结果,要么伴有克拉通边缘盆地的构造负荷作用,要么伴有水平应力自板块边缘向板块内部的传递。尽管对克拉通盆地演化的认识不断深入,但由于缺乏高质量的地球物理资料,这一认识过程一直较为缓慢。

上述的各种盆地分类方案为我们了解克拉通内盆地的形状、成因和演化提供了有益信息。反映盆地演化的横剖面,如在 Bally 和 Snelson(1980)、Green(1984,1985)、Kingston 等(1983)和 Klemme(1980)发表的文章中的图件使人们获益非浅。可选择一些横剖面并调整用以阐明克拉通内盆地的形态、形成和多样化(图 1-3~1-6),这些图件表现了现实的盆地,但在许多情况下并不确指,由简单到复杂地再现了盆地的发展。

图 1-3 说明了克拉通内盆地由简单到复杂的多旋回的发展;图 1-4 描绘了最初为其他类型的盆地,最终却演化为拗陷型克拉通盆地的现象;图 1-5 显示了在克拉通内盆地形成期间或形成之后的构造复杂性。构造叠加作用表明应力场的传递可以影响整个克拉通内盆地或它的一部分。只要构造条件发生变化,克拉通内盆地的构造与沉积也都发生变化。应力可以影响盆地,将其转变为前渊盆地、被动边缘盆地、反转盆地或者其他类型的盆地(图 1-6),当然,每一盆地都有其独特的发展史。

三、其他的克拉通内盆地或具有重要克拉通内旋回的盆地

对本书所选定的九个盆地系的详细讨论不可能包括所有重要的克拉通内盆地(表 1-5)。北海盆地由于大部分石油和一部分天然气直接与盆地裂谷阶段相关联,因此,为分析和解释油气控制因素,它更适合放在裂谷盆地一类。但是,北海盆地第三系成藏组合是在最后的克拉通内拗陷旋回中形成的,该盆地对其他位于裂谷之上的克拉通内盆地的勘探(例

如伊利诺斯盆地)有一定的启示。为了使选定的九个盆地能提供清晰的认识,我们简要讨论其他三个盆地:哈得逊湾虽不产油气,但成因上意义重大,代表了形成在结晶基底之上的简单克拉通内盆地;北海南部二叠盆地(德国西北部)均展现了重要的含油气的克拉通内盆地旋回,它们分别形成在不同类型的早期盆地之上;北部二叠盆地表示了构造叠加现象。这对于了解有利于改造这类盆地的作用力是重要的,下面我们简要对这些盆地进行讨论。

1. 哈得逊湾盆地

哈得逊湾是面积为 $1.2 \times 10^6 \text{ km}^2$ 的大型盆地。它既可作为古代的也可作为现代无裂谷基底的简单克拉通内盆地的模型(Sanford,1987)。尽管该盆地不产油气,但是它却能反映这类盆地的成因(图 1-7)。哈得逊湾盆地深达 2500m,其沉积旋回与 Sloss(1988)重新定义的层序相当。过海上钻井的高精度地震资料表明这个相当浅的盆地开始形成于晚奥陶世(Roksandu, 1987);志留纪时,盆地遭受强烈的造陆作用,并伴有块断作用以及围绕盆地和横穿盆地的大型穹窿的复活。

2. 北海盆地

北海盆地第三纪旋回的性质属于克拉通内盆地,这在第三纪碎屑岩底部的构造图和相关的剖面图中明显表现出来(图 1-8)。该克拉通内盆地旋回厚度超过 11500ft(3500m),并位于北海北部和中部的大型侏罗纪裂谷之上。下第三系具有较高的产能,而且包括含油气、凝析油的达宁阶白垩以及古新世和中新世的浊积岩砂体。据 Parsley(1983)报道截止 1983 年在白垩油气

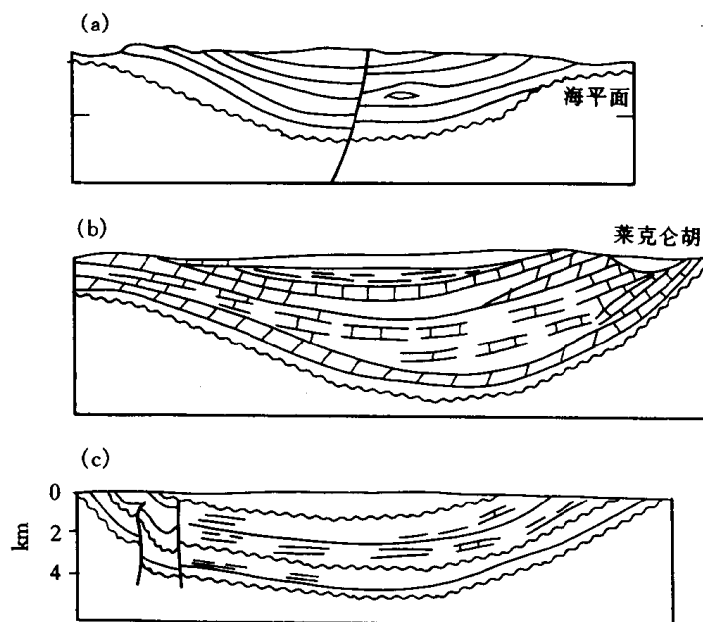


图 1-3 简单和多旋回克拉通内盆地演化剖面图

(据 Leighton,1991)

(a) I 型简单克拉通内盆地(据 Klemme,1980);(b)密歇根盆地——内拗陷盆地的一个实例(据 Kingston 等,1983);
(c)三个旋回的拗陷盆地(据 Kingston 等,1983)

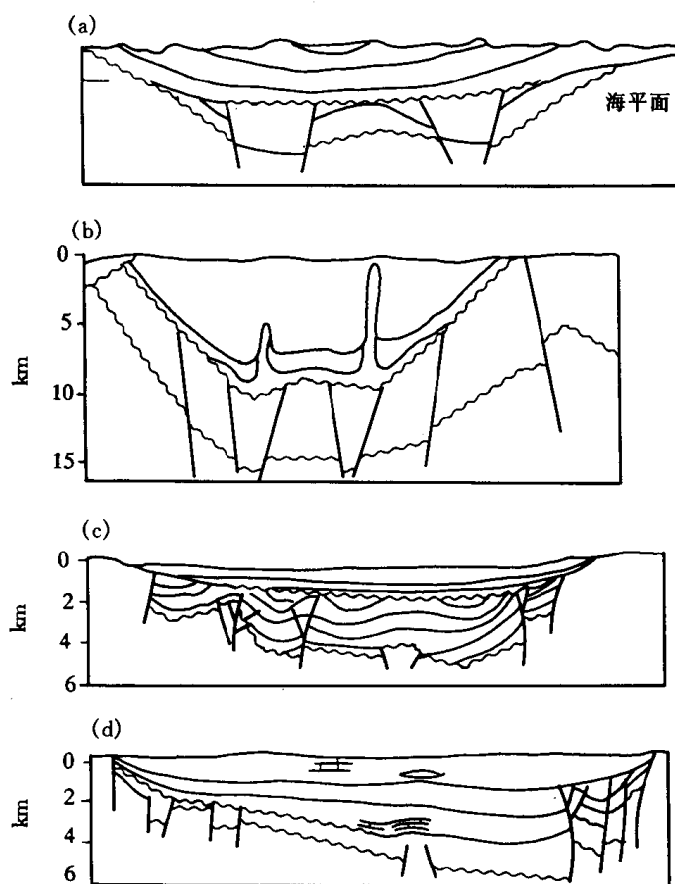


图 1-4 多阶段盆地的剖面图(据 Leighton, 1991)

盆地演化的最终表现为内坳陷盆地。上面的两个剖面表现了凹陷发育在裂谷盆地之上, 下面的两个盆地表现了位于其他类型的盆地之上的凹陷盆地的演化。(a)复杂克拉通/增生边缘盆地, 属 I—B 型(据 Klemme, 1980); (b)斯弗德鲁普盆地(据 Huff, 1980); (c)通常发育在太平洋边缘的一类盆地, 为内凹陷盆地覆盖的扭绞或剪切盆地(据 Kingston 等, 1983); (d)三个旋回的盆地, 每个旋回由大型不整合隔开, 最下面的旋回为内断裂盆地, 其上的旋回为古新世凹陷, 最上面的旋回为晚第三纪的内坳陷盆地

区带中已发现 28 亿桶石油, 而在第三纪砂岩中有 23 亿桶的石油和 7.0 万亿立方英尺的天然气。

3. 南部和北部二叠盆地

南、北二叠盆地位于西北欧洲。南部盆地, 也称西北德国盆地, 自东向西由波罗的海诸国过德国北部延伸至北海的南部。北部二叠盆地位于其北部, 该盆地是自丹麦由东向西延伸至北海的另一个克拉通内盆地(Ziegler, 1988)。

海西造山运动以后, 不断的沉降形成了南部二叠盆地。该盆地基本上是叠置在晚石炭世华力西前渊之上。盆地呈宽阔的碟形, 沉积中心主要充填有蔡希施坦统盐和三叠纪碎屑岩。沿盆地南缘发育在蔡希施坦统盐之下呈宽带状的赤底统砂岩构成了北海盆地南部和该盆地在荷兰和德国境内的陆上部分的主要天然气藏的储集层。盐盖层是特别有效的, 产量也与位于盆地南翼的蔡希施坦统碳酸盐岩相关。

对北部二叠盆地的地质条件知之甚少。具相当厚度的赤底统碎屑岩位于下石炭统和泥盆

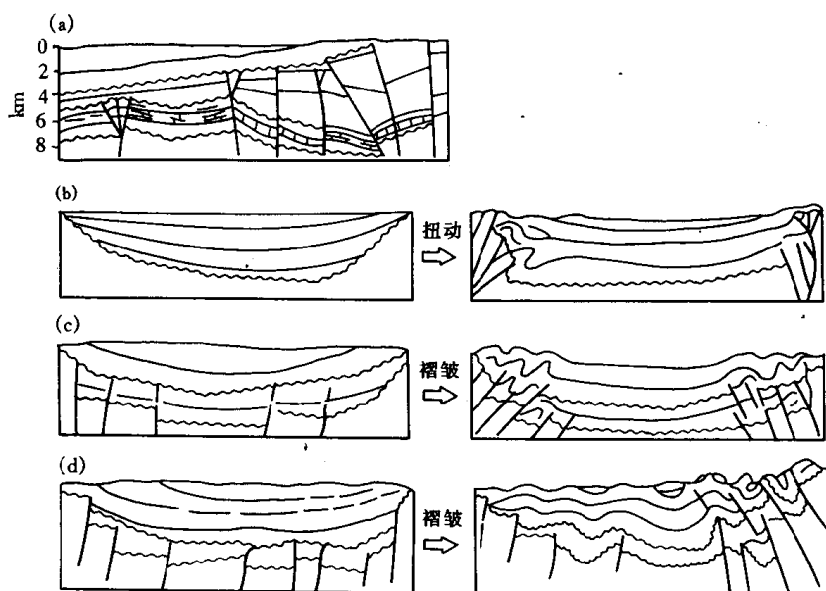


图 1-5 影响克拉通盆地的构造复杂性的剖面图(据 Leighton, 1991)

(a) 旋回 2 和 3 之间的掀斜反转; (b)~(d) 构造叠加对克拉通内盆地的影响; (b) 右图表示盆地演化的晚期扭断层的叠加效果。(c) 右图表示盆地两侧褶皱的叠加效果, 整个盆地没有受到影响。(d) 完全被褶皱带构造破坏的克拉通盆地一个例子。所有的剖面据 Kingston(1983), 剖面(b)~(d) 经修改以强调克拉通内凹陷盆地的特征

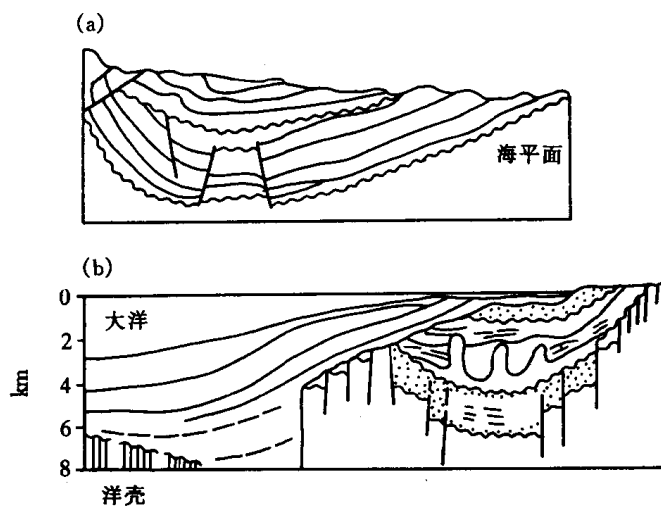


图 1-6 克拉通内盆地(内拗陷旋回)演化终止转化成另一类型盆地的两条剖面图
(据 Leighton, 1991)

在上面的剖面中, 下部凹陷旋回被具新的碎屑岩物源(自左边)的前陆盆地所覆盖

(据 Klemme, 1980); 在下面的剖面中, 凹陷旋回随大陆分离而终止,

盆地演变为被动边缘, 属 Kingston 等(1983)的边缘凹陷盆地

系沉积岩以及加里东期基底杂岩之上。但作为南部二叠盆地气源岩的上石炭统煤系并不位于其下。阿尔卑斯造山幕的构造叠加作用可延伸到北部二叠盆地最北端。

由上所述, 克拉通内盆地的样式是多变的。盆地的演化史是长期和复杂的, 石油的生运聚散同样复杂多变。

表 1-5 克拉通内盆地一览表(据 St. John 等, 1984)

	未分清是位于裂谷之上 还是其他类型盆地之上的 克拉通盆地	复杂型的克拉通内盆地	存在问题的克拉通内盆地
北美洲	福克斯(不产油气) 伊利诺斯(大型油气田) 克拉德拉斯姆森(不产油气) 苏必利尔湖(不产油气) 萨莱纳/福斯特城(较大大型油气田) 昂加瓦湾(不产油) 威利斯顿(大型油田) 伍拉斯顿(不产油)		哈得逊湾(不产油) 约翰—兰开斯特(不产油) 密歇根(油田) 中—格陵兰(不产油) 奥廖(不产油)
南美洲	查科(不产油) 巴拉那(不产油) 圣弗朗西斯科(不产油)		南亚马逊(不产油) 中亚马逊(不产油) 北亚马逊(较大大型油田)
非洲	乍得(较大大型油田) 埃托沙(不产油) 伊利兹(大型油田) 库夫拉(不产油) 迈尔组格(不产油) 奥卡万格三角洲(不产油) 陶丹尼(不产油)	锡尔特(大型油田)	哈达姆斯(不产油) 卡拉哈里(不产油) 姆巴朗干杜(不产油) 撒哈拉(大型油田) 扎伊尔(不产油)
欧洲		北海北部(大型油田) 北海南部(大型油田) 巴黎(油田) 波利士(油田) 斯加格拉克(不产油) 威瑟克斯(较大大型油田)	西巴伦支(不产油) 杜罗(不产油) 西北德国(大型油田) 卡特加特(不产油) 锡雷特(较大大型油田)
亚洲—澳大利亚	卡奔塔利亚(不产油) 戴利河(不产油) 乔治亚(不产油) 奥德(不产油) 威索(不产油)	坎宁(较大大型油田) 库珀(大型油田)	阿加宁加(不产油) 鲍恩(较大大型油田) 加利利(不产油) 广西—贵州(油田) 墨累(不产油) 俄非瑟(不产油) 佩德卡(不产油) 苏拉特(较大大型油田)
苏联—蒙古	波罗的(油田) 东巴伦支(不产油) 莫斯科(不产油) Okcnek(不产油) Tunguska(不产油)	Kuzuet(不产油) Laptev(不产油) Winisinsk(不产油) 田吉兹(大型油田) 西西伯利亚(大型油田)	Ust Ort(较大大型油田)
南极洲	玛丽伯德(不产油) Dufek(不产油) Milkes(不产油)		罗斯(不产油)

注:表中第二栏中的盆地是 Bally 和 Klemme 鉴定的克拉通内盆地,或者是指定其下伏是否有裂谷还是其他类型盆地的同类盆地。表中第三栏是 Bally 和 Klemme 识别出的下伏有裂谷或其他类型盆地的克拉通内盆地或同类盆地。第四栏亦为 Bally 和 Klemme 划分的克拉通内盆地或其同类盆地,尽管两人在一些分类上有分歧。我们可以想象到自从 1984 该表制成后,对许多盆地的认识已经改变了。对苏必利尔湖和其下的大陆中间裂谷有了新的认识,新资料表明伊利诺斯盆地之下有裂谷存在,而在哈得逊湾盆地之下则不发育裂谷。

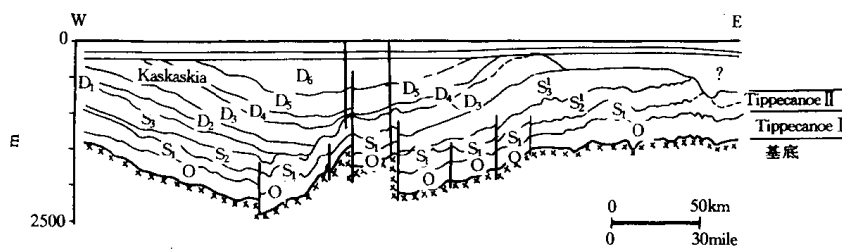


图 1-7 哈得逊湾盆地 HB-1 线地震剖面的地震地层解释(据 Roksandu, 1987)

图中地垒清晰可见,但下部未发育裂谷, Walrus A-71 和北极熊 C-11

两口井为剖面解释提供了控制条件。Sloss 层序界面(1988)加于图中

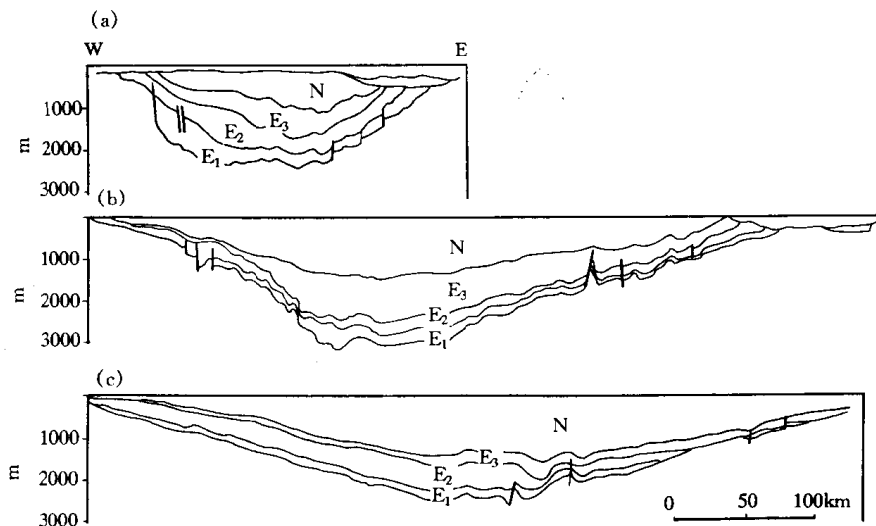


图 1-8 新生代北海盆地构造剖面图(据 Ziegler, 1988)

四、古地理和构造背景

本书所选出的九个盆地(系)在显生宙七个重要阶段的古地理和构造背景图示在图 1-9 至

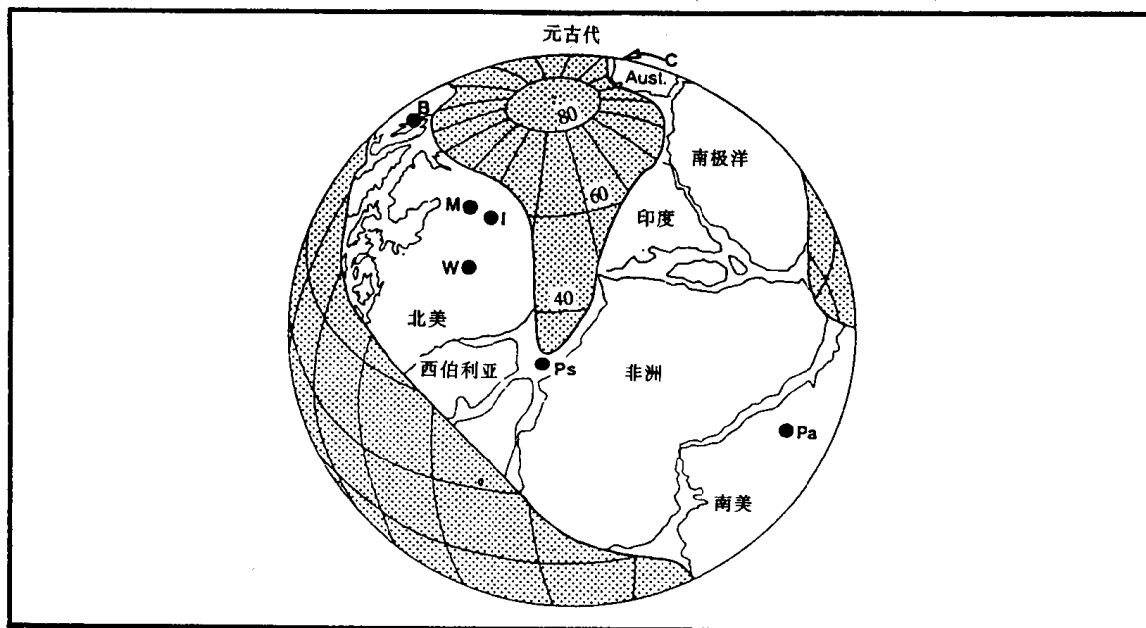


图 1-9 大约 700Ma 的元古超级大陆(Piper, 1982 重建)

图 1-15 中。图选自 Scotese 等(1979)、Bambach 等(1980)、Ziegler 等(1982)和 Piper(1982)的出版物中,目的是讨论板块运动和板块动力学并帮助我们了解克拉通盆地的时空演化和认识油气赋存的有利控制因素。

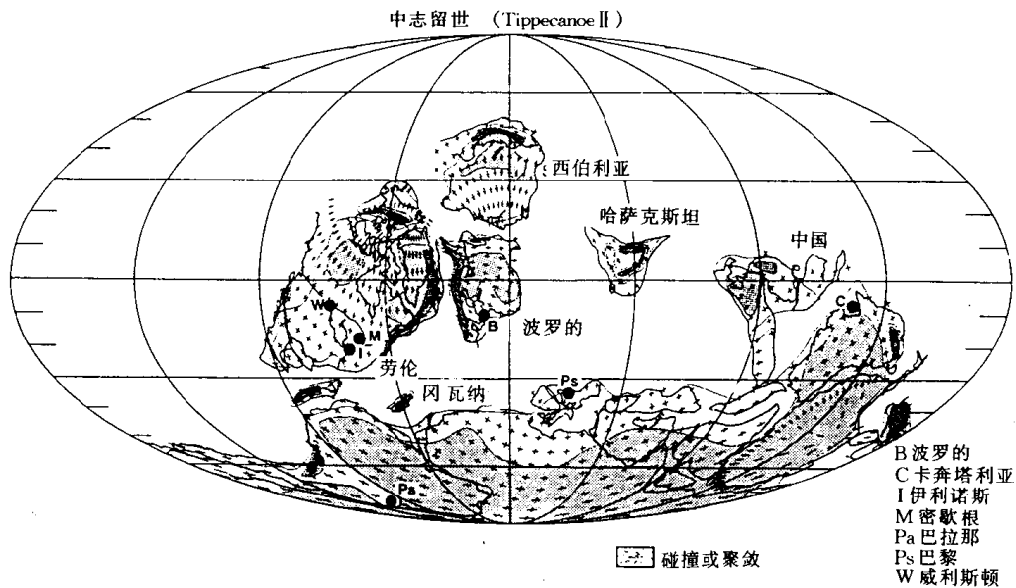


图 1-10 中志留世(温洛克期)Tippecanoe II 沉积时(420Ma—415Ma)的古地理图(据 Scotese 等,1979)
对南美洲板块上浅海范围微作修改以包括 Zalan 等讨论的早志留世海侵图中深海为空白区;
浅海为浅色阴影;低地为中等程度的阴影;高地和高原为深色阴影

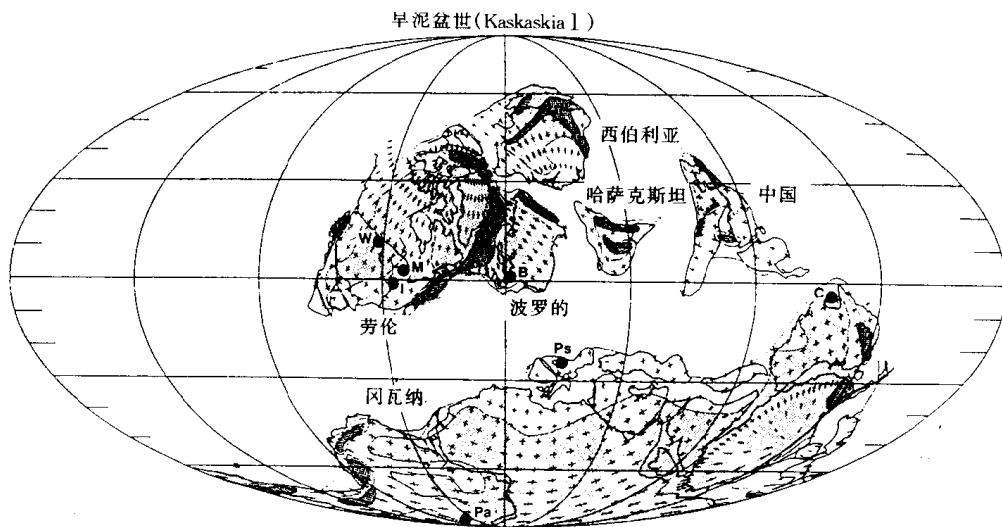


图 1-11 早泥盆世(艾姆斯期)Kaskaskia I 沉积时(395—390Ma)的古地理图
(据 Scotese 等,1979)

上述古地理图件也有助于确定板块会聚碰撞边缘,还可以用来确定盆地在不同时期的古纬度。对这些古地理图件分析之后,可把主要时期的古纬度和盆地沉积物岩性列成表,将古纬度测量结果示在图 1-16 中,该图表示了古纬度控制条件下气候变化敏感的沉积物分布频率。不同古纬度的气候条件对克拉通盆地的岩性发育起重要控制作用,蒸发岩和碳酸盐岩多见于低纬度处,冰碛岩多分布于高纬区。