

地裂运动与石油盆地

高名修 高文学

(国家地震局地质研究所)

摘 要

地裂运动是地壳运动的一种基本形式,是地壳与上地幔相互作用的结果。地裂运动与造山运动相对应是地球表面的主要造盆作用。地裂盆地是在引张力作用下的产物。世界上主要油气区和具开发前景的石油盆地大多与地裂运动有联系。基于油气的生成、运移、聚集、甚至开采都与地裂盆地的结构特征、成因机制、动力学过程及其发育演化息息相关,提出地裂盆地的初步分类方案有助于增进对含油气盆地的认识。

前 言

构造盆地是与地球表层垂直运动有直接联系的负向构造单元。从新全球构造观点出发,构造盆地的产生可归结为与板块分离边界的地裂运动(引张环境)和与板块聚合边界的造山运动(挤压环境)有联系的两大基本类型,分别代表两种迥然不同的地球动力学过程和热活动体制。它不仅决定了盆地的结构与演化,对石油的生成、聚集等条件也有直接影响。总观世界的大油气区和油气田,如有“世界石油两极”之称的中东和墨西哥湾的油气盆地、久负盛名的东欧平原油田、“世界最大沉积盆地”的西西伯利亚盆地、“七十年代最惊人发现”的北海油田、“八十年代最有开发前景”的大陆架以及我国东部新兴的油田等,它们的发育与演化历史无不引人注目的与地裂运动有联系。事实上,地裂运动也是形成盆地最基本的地球动力学过程。研究这一过程,已成为当代地球科学和寻找大型含油气盆地的重要课题。

地裂运动

(一) 地裂运动的基本特征

1. 地裂运动是指地壳与上地幔、甚至下地幔参与的地球深部地幔对流或地幔柱等地球动力学过程在地表反映;

2. 地裂运动区的地壳,甚至岩石圈相对较薄、壳—幔边界上拱,低密度地幔物质上涌;

3. 地裂运动是在热动力、重力和引张力的联合作用下,高温的弹塑性上地幔、甚至包括下地壳发生塑性流变以及弹性上地壳发生脆性破裂,发育正断层与块断破裂,壳内低速层可能发挥了积极作用;

4. 伴随地裂运动有来自浅层上地幔的玄武岩和碱性岩岩浆活动以及显著的高热流异常;

5. 地裂运动特征性的地壳变形与运动是在地壳隆起背景上发育正断层,形成地堑或裂谷式地裂盆地与块断构造(一系列大致平行的正断层)形成的类似琴键的岭谷相间地裂盆地。既有大幅度的垂直位移,也伴有大规模的水平位移;

6. 现代地裂运动最明显的标志是张性正断层活动,通常也是浅源地震带。一般具有偏高或高热异常与不同程度的地热显示,往往也是现代火山活动带(区)。目前欧亚、

美洲和非洲大陆内部,或板块内部的活动构造带大多具有地裂运动性质。

(二) 地裂运动的基本类型

根据地裂运动的发动源不同,可分为直接受地球深部动力源发动的原动型和受板块运动牵动(诱导)发动的被动型两种类型。

原动型地裂运动受地壳与上地幔相互作用支配,与地幔对流或地幔柱活动有联系,是深部高温热熔融物质上涌的地球动力学过程和引张力作用的直接结果。如大洋中脊、东非裂谷系、西太平洋边缘海以及我国东部盆地系。

被动型地裂运动是受板块相对运动派生的引张应力场所控制。由此也可诱导深源活动,但以板块相对运动派生的引张力作用占主导地位。如地中海东岸的死海—约旦河谷盆地,加利福尼亚湾至南加利福尼亚及大西洋周边的地堑盆地。

地裂盆地的成因机制与演化

通常,在引张力作用下,受正断层控制的盆地,统归为地裂盆地。

(一) 地裂盆地的结构特征

1.地裂盆地常发生在地壳隆起背景上,地壳或岩石圈较邻近地区有明显减薄。

2.地裂盆地受正断层控制的长条形深陷盆地。盆地两侧或一侧发育断层的地堑或半地堑(簸箕状盆地)。可以是一条单一的裂谷盆地,也可由一系列近于平行的正断层所控制的地堑、地垒相间的“琴键式”或岭谷相间的块断盆地。盆地的发育与沉积充填直接受断层活动控制。盆地边界断层属生长断层性质,断距随深度而增加,最大深度可断至地壳、甚至断达岩石圈。

3.狭长的地裂盆地一般为巨厚的沉积物所填充。堆积物厚几公里到十几公里。以陆相红色磨拉石、碎屑岩及浊积岩为主,也有碳酸盐岩,以含蒸发岩及火山岩为特征,往

往富含可燃有机岩。

4.伴随地裂盆地的演化,一般有基性、超基性及碱性岩浆喷发活动。

(二) 地裂盆地的成因机制

关于地裂盆地的成因机制是一个尚待解决的问题。主要涉及下列三个方面。

1.地裂盆地的受力条件

虽然对地裂盆地受力条件曾经有过引张作用还是挤压作用之争,但是按现代地球科学观点已很少有人怀疑是引张作用的结果。早期的论点,一种是立足于地裂盆地发生在地壳隆起轴部的事实,如Gregory (1921)提出地壳隆起顶部发生纵张破裂,伴以地壳塌陷形成盆地的所谓“拱心石”理论。后来Cloos (1939)用粘土模型试验,证明地壳拱曲继以引张作用可以产生地堑构造。另一种看法是从正断层出发,Bucher (1933)提出区域水平引张力作用产生大陆裂谷的观点。近年来结合地质与地球物理新资料,通过三维计算,论证了水平引张力的主导作用。事实上,地质证据、震源机制和实际测量资料都证明水平引张力是客观存在的。问题是区域水平引张力是如何产生的,则有待于研究。

2.正断层产生的机制

Meinesz (1950)提出地壳在水平引张力作用下结合重力均衡作用,地壳被拉断发育正断层和形成地堑盆地的演化模式。Artemgeev等(1971)则提出在水平引张力作用下地壳发生细颈作用、高热的下地壳产生塑性流变,冷上地壳发生脆性破裂,产生正断层。Fuchs (1974)则主张细颈现象发生在壳内低速层,其上部冷地壳产生脆性正断层。Bott (1976)综合上述各说,提出上地壳脆性破裂发育正断层,高热的塑性下地壳伴以补偿性流变,减薄或地垒与地堑肩部的弹性上隆。根据对中国东部盆地系的研究,看来Meinesz (1950)的模式没有考虑

到地壳的复杂多层结构。根据地裂盆地的发育史、深部地壳与上地幔结构特征以及浅源地震的信息，正断层的发育与上地壳脆性破裂及深层塑性流变有关，但究竟是壳内低速层、下地壳、或是上地幔低速层发挥作用的具体细节，目前还不十分清楚。

3. 地裂盆地下降

地裂盆地大幅度下降，甚至可达10余公里，与高达8公里的喜马拉雅山形成鲜明对照，什么原因使地壳产生如此大幅度下降？目前尚无完满的答案。已有的假说可归结为重力说、热力说与引张力说。从对我国东部

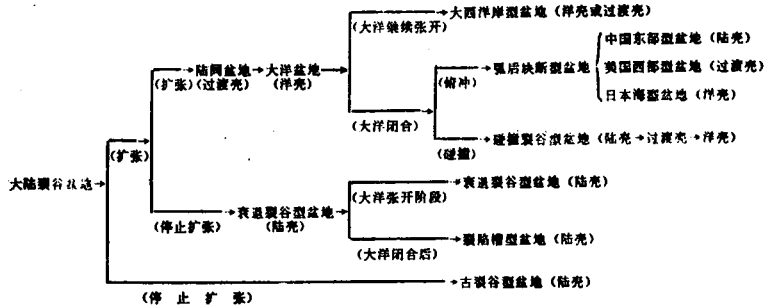
盆地系的研究看，更象是热力、重力与引张力及其在这些力的作用下，地壳和上地幔内部物理、化学反应等多因素联合作用的综合效应。总的说来是三维、甚至四维（时间因素）多因素复杂地球动力学过程的结果。

(三) 地裂盆地演化与大陆地裂盆地的发育阶段

地裂盆地的发育随时间和空间改变虽也有差别，但是共同的成因机制决定盆地的发育与演化尚有一定的规律。

1. 地裂盆地的演化

地裂盆地的演化大体按下列的图式发



展。上图反映了地裂盆地的基本类型及各类盆地在统一演化进程中所处位置和彼此间的关系。亦可看出地裂盆地的演化总的从大陆裂谷盆地向陆间和大洋盆地转化。值得注意的是盆地的演化并不是有规律地从大陆裂谷发展到大洋盆地，往往“半途而废”，减缓或停止发育。如最常见的是三叉裂谷盆地中的两支（臂）发展成洋盆，而第三支（臂）发育减弱甚至停止，成为衰退裂谷盆地。

2. 大陆（克拉通）型地裂盆地的发育阶段

广义的大陆地裂盆地不仅指初始大陆裂谷盆地，而是包括大陆上所有的地裂盆地。一般盆地的发育大体可分为四个阶段，即地壳隆起阶段；块断破裂阶段；下降沉积阶段与反向变形阶段。

地壳隆起是地裂运动早期阶段的反映。

以深部热活动、有时伴有显著的岩浆活动为特征，并开始早期的正断层破裂和分隔的小盆地。

块断破裂阶段是在引张力进一步加强背景下，发育正断层，同时形成地堑或裂谷式早期地裂盆地，沉积物以陆相碎屑岩、火山岩和火山碎屑岩为代表，快速补偿充填在槽形盆地中。

下降沉积阶段是以超过早先分隔的琴键式盆地范围的大面积下降，发育统一的大型沉积盆地特征，在我国一般称拗陷盆地。其沉积物相对变细，其中可燃有机岩建造提供了石油生成的良好物质条件。

反向变形阶段是在地裂盆地发育后期，长期下降盆地发生反向隆起，沉积盆地逐渐收缩和停止。张性的正断层可转化为压性或剪性的逆断层与走向滑动断层。平缓地层发生变形褶皱，使早期形成的油气受到改造或

破坏。

地裂盆地与油气的形成、 运移和聚集

地裂盆地广布于大陆及其邻近大陆架地区，它在各地质历史时期中的发育，又以中、新生代为优，并成为地球上最主要的石油生成时期。目前世界上最重要的产油气盆地和最有前景的近海大陆架盆地多属地裂盆地，至少具备下列有利因素：

（一）相对稳定的构造环境

据统计，稳定区沉积盆地发现的油田远远超过活动区油田的储量。而分布在稳定区的沉积盆地主要是地裂型盆地。相对而言，地裂盆地属于长期的相对缓慢的作用过程，有时甚至持续几个地质时代，不同于与造山运动相联系的盆地在强大挤压作用下的短期激烈变形。可以两类不同活动区的地震活动频度与强度的差异得到反映。由于地裂盆地的地层变形以正断层为主，地层平缓或呈单斜，一般无褶皱或仅有平缓褶皱。提供了有利于油气藏保存的构造条件。

（二）有利的沉积条件

伴随地裂盆地下陷，两肩及邻近地区相对隆起，就近为盆地沉积提供充足的物质补给。具有搬运途径短，沉积迅速、沉积旋回多、掩埋及时，为有机质保存提供了还原环境，并形成了生油岩层，高孔隙率储层和膏盐盖层的地层组合。同时，巨厚的沉积往往具有多层含油气层特征。

（三）得天独厚的高地温

一般地说，在具备其他条件的前提下，高温对于提高油气的生成、运移和储集有直接影响。实测结果也证明地裂盆地的地温梯度与大地热流值普遍较地球平均热流值偏高。年轻地裂盆地甚至高于平均值几倍到十几倍。古老地裂盆地的热流值虽然要低一

些，然而成因机制决定了地裂盆地的演化过程经历过一个高于邻近地区的异常热历史。为油气生储提供了较其他类型盆地优越的温度条件。

（四）良好的通道与圈闭

张性正断层的渗透性一般较其他力学性质的断层好，与高孔隙率的碎屑岩层共同组成良好的通道系统；与低孔隙率的弱透水或不透水的致密岩层匹配构成有效的圈闭。最有代表性的是生长断层与滚动背斜匹配所形成的圈闭。

综上，可以看到地裂盆地的成因机制决定了地裂盆地具有油气生、运、聚、保的有利地质环境，是世界上大油气区分布与地裂盆地有关系的根本原因所在。

地裂型石油盆地的分类问题

近年来，中外许多研究者从不同角度、特别从板块构造观点研究石油盆地的分类取得了新的进展。考虑到决定油气生、储环境不仅与实际含油盆地的结构和空间位置有关，而且也与盆地的成因机制和演化过程有关系。因此，广义理解朱夏(1978年)关于我国陆相中新生界含油气盆地若干基本地质问题的初步设想(内刊稿)所强调的以运动体制区分盆地的原则是重要的。从地裂运动出发，对地裂盆地分类如下：

首先，按两类地裂运动形式，分为原动型盆地与被动型盆地两大类(表1)。

其次，原动型盆地又可按深部活动方式与规模分为原生和再生两类。原生是指地裂盆地的形成、演化直接与分离板块的演化，或与全球性地幔对流或地幔柱活动有关联。再生是指板块聚合所诱导的次级对流或部分熔融物质上涌与底辟作用引起的地裂运动。

被动型盆地也可据受力条件不同，分为重力、剪切和弯曲三类。重力类型是在非聚合板块边界海陆过渡带(在古大洋扩张残存

地裂盆地基础上)，受区域重力调整作用继续发育正断层和地裂盆地，热活动较次要。这类盆地规模大，如大西洋周边大陆架的沉积盆地。剪切类型是受走向滑动断层，如转换断层相对运动所派生的引张作用而产生的拉开盆地，岩石圈一旦被拉断也可发生深部热活动和岩浆喷溢。这类盆地可在有限范围内断得很深，成为地壳“陷井”。加利福尼

亚湾和南加州的一些盆地属于此类。弯曲类型是由板块隆起或拱曲发生次级引张作用或纵张力产生的地裂盆地。

最后，按盆地演化与所处地壳类型，上述各类盆地又可分为大陆壳、大陆—大洋过渡壳、大洋壳亚类。有的亚类还可按活动性分为不同型。

地 裂 盆 地 分 类 表 与 典 例 表 1

		大陆壳亚类 1	过渡壳亚类 2	大洋壳亚类 3
A 原 动 类 型	A—I 原 生 型	A—I—1a 活动地裂盆地型： 东非裂谷盆地	A—I—2 红海—亚丁湾盆地	A—I—3 大西洋中脊裂谷盆地
		A—I—1b 古地裂盆地型： 北海裂谷盆地		
		A—I—1c 衰退地裂盆地型： 西非贝努尔裂谷盆地		
		A—I—1d 裂陷槽型地裂盆地： 第聂泊尔—顿涅次盆地		
	A—II 再 生 型	A—II—1a 俯冲型地裂盆地： 缅甸依洛瓦底盆地	A—II—2a 盆地与山脉裂谷系盆地	A—II—3a 日本海盆地
		A—II—1b 碰撞型地裂盆地： 莱茵地堑盆地	A—II—2b	A—II—3b
B 被 动 类 型	B—I 重 力 型	B—I—1	B—I—2 大西洋周边大陆架盆地	B—I—3
	B—II 剪 切 型	B—II—1 死海—约旦河谷盆地	B—II—2 加利福尼亚湾盆地	B—II—3
	B—III 弯 曲 型	B—III—1 西藏高原南北向地堑盆地	B—III—2	B—III—3 外海沟张裂盆地

从地裂运动角度 研究我国石油盆地

应用现代地球科学的新成就、新观点重

新考察我们已经熟悉的、或者长期迷惑不解的疑难问题，有助于认识的发展与深化。

(一) 中国的地裂盆地梗概

随着石油勘探、地震地质、红盆地找矿和地热方面研究的进展，目前对晚中生代以来

的地裂盆地研究程度较高,可概括为四类:

①与晚中生代—早新生代环亚洲大陆边缘古安第斯式碰撞带相联系的弧后块断盆地,属A—II—1a类型。如中国东部白垩纪至第三纪地裂盆地及冈底斯山脉南侧同期盆地。

②与晚中生代至新生代南中国海边缘海盆地张开有联系的似大西洋周边大陆架盆地,属B—I—1至B—I—2类型,如南中国海大陆架沉积盆地。

③与印度—澳大利亚板块和亚洲大陆碰撞有联系的碰撞型地裂盆地,属A—II—1b类型,如滇西、滇东、川西、鄂尔多斯周围的汾渭等新生代地堑(或裂谷)系均可能属此类。

④与青藏高原隆起相联系的藏南一系列南北向(北北西—北北东)地堑盆地,属B—III—1类。

对古生代至早中生代盆地讨论较多的有滇西红盆地可能属于弧后块断盆地①。中、晚古生代至中生代滇黔桂大片沉积区域大致相当边缘海型地裂盆地及四川盆地西缘地裂盆地。沿康滇地轴可能亦属古裂谷。最近罗志立(1981)综合论述了西南地区的古生代地裂运动与地裂盆地。

对于前寒武纪地裂盆地也逐渐引起注意,深入研究将是有意义的。

(二) 已知地裂盆地与石油的关系

大庆油田、大港油田和胜利油田以及江汉、苏北及北部湾勘探结果证明我国东部盆地系确具良好生、储、盖条件,并为目前大陆区石油开发的重点。大陆架地区的地裂盆地已初步探明有良好的含油性,是最富开发前景的地区。西南古生代地裂盆地及环鄂尔多斯地裂盆地也都是有勘探价值的找油气区。

(三) 几个有待研究的问题

地裂型盆地既有良好的油气赋存条件,

自然成为找油气勘探的重要对象。但结合我国具体条件,以下方面值得考虑:

1. 古地裂盆地研究。晚中生代以来的地裂盆地比较清晰。但更老时代的地裂盆地因受到后期改造而复杂化、或被掩埋面目不清。根据对俄罗斯陆台的第聂泊尔—顿涅茨型古裂陷槽、北美俄克拉何马古裂陷槽、西西伯利亚盆地与北海古地裂盆地勘探中的启示,在研究古地裂盆地油储时特别需要注意:

首先是古地裂盆地的鉴定标志问题。研究古地裂盆地最重要的一个结果是与新生代年青地裂盆地并无本质区别,这就意味着古地裂盆地应当具备新生代地裂盆地的构造、沉积和岩浆活动等基本特征;

其次是考虑古地裂盆地的后期演化与改造。如在勘探北海油田区的过程中,发现简单的第三纪向斜之下隐伏着复杂的古裂谷系,对于确立北海油区有直接影响;

最后还应注意多期裂谷重迭。方向一致的多旋回地裂盆地与方向不一致的交叉地裂盆地。

2. 有关地裂盆地类型与结构细节的研究。虽然地裂盆地的成因机制有其共性,但不同类型地裂盆地的具体演化仍各具特性。因此在确立地裂盆地的基础上有必要进一步研究其所属类型及结构特征。

3. 地裂盆地有利于油气生储,但许多问题并不十分清楚。深入研究地裂盆地的成因机制、发育与演化过程及其与油气生成、运移、集聚,乃至开采间的内在联系。从根本上搞清其间的关系也是富有理论意义的基础研究。对评价和开发地裂型盆地油气具有重要战略意义。

4. 应用地质类比方法研究地裂盆地。从新全球构造观点,地质类比是促进认识发展的重要途径。特别是我国地裂盆地研

①王凯元 孙克祥, 1975, 试论云南的板块构造。

中国主要油气区形成的力学机制 及含油气特点

张福礼 王泽厚 姚俊祥

(地质矿产部石油地质综合大队)

前 言

根据我国地壳构造特点,将我国地质构造划分为纬向构造体系,经向构造体系及扭动构造体系三种基本类型。三类巨型、大型构造体系的生成发展及其复合作用,构成了我国主要含油气区形成和分布的格局。

由于巨型纬向构造体系定纬度呈东西向的展布,其间形成东西向成带展布的稳定地块成为各主要油气区的基础,它控制了各主要油气区深层构造的总体轮廓。

巨型、大型扭动构造体系,是控制和形成我国主要含油气区的主导因素。其中古生代的油气区展布,受华夏系、西域系控制形成东西部的明显对称性;中新生代由于新华夏系的强烈新生性及西部河西系的明显继承性的差别,造成中新生代我国东西部油气区的差异性。

由于中新生代以来,西部以歹字型为代表,东部以新华夏系低级序扭动构造为代表,反映了明显的扭动作用,控制了部分扭动性油气盆地的形成和展布。

上述含油气区的发展过程,反映了我国

地壳运动的基本程式和油气区形成的力学机制:从元古代的南北向单向挤压作用,到古生代时期在这一挤压作用背景下,沿东经 105° 一线向南与东西两侧相对的水平直扭作用,进而到中生代以来强烈的水平直扭和旋扭作用。这一总体应力活动方式的演变,是地壳结构和边界条件与相应外力作用相适应的结果,表明了地壳水平应力作用的主导性。同时也反映了我国大陆沿东经 105° 一线由北向南推复的总趋势和由挤压到水平直扭、旋扭的复杂应力活动方式。产生这些运动的起源和动力来源,可以通过地球自转速率变化控制地壳运动规律的理论得到较好的回答。

根据油气区所属的构造体系类型和不同的构造变动期与成油期的特点可以清楚地展现出我国丰富多采的含油气区类型及广阔的含油气远景。

按照构造体系展布特点,选择有代表性的地层分区进行地层划分对比。(表1)

从石油地质工作出发,从志留纪末与泥盆纪间的不整合面以上,可以划分出二、三迭系间(东部为中、上三迭系间),侏罗系与白垩系间,新、老第三系三个主要构造运

究程度低与研究程度高的类似地区类比有更意义。例如我们正是通过类比研究对中国东部盆地系的认识有所发展。

本文讨论了地裂运动与石油盆地的一些

有关问题。尽管认识肤浅,考虑到命题的重要意义,仍冒然提出来与大家共同探讨。谬误处请不吝指正。

参考文献略。