依-伊断裂带成堑阶段的沉积环境变化和生物演变❶

陈秉麟

（大庆石油学院）

依（兰）-伊（通）断裂带和密（山）-抚（顺）断裂带（又称敦-密断裂带）斜穿辽吉黑三省（图 1），穿过了中朝淮地台和吉黑地槽系，被认为是郯庐断裂北延部分的两个分支。前者长约 1000km，后者长近 800km，在两个断裂带内发育了一系列含煤、含油盆地。这些盆地多为断陷盆地，具有地堑或反地堑性质，很多都是半地堑，它们的成堑活动主要发生在第三纪，其构造发展过程与断裂带内的沉积环境变化、生物演变有密切关系。本文讨论范围除依-伊断裂带外，包括了密-抚断裂带南段的抚顺盆地。

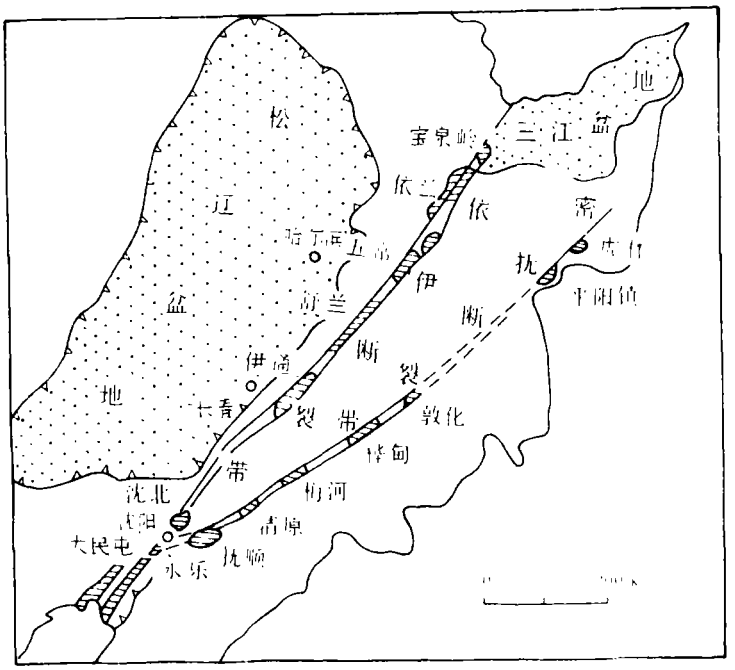

图 1 依兰-伊通断裂带位置

Fig. 1 Location of the Yilan-Yitong faulted zone

一、断裂带成堑阶段概述

上述两条断裂带具有活动早、发育时间长的特点。已有资料证实它们开始发育于元古

❶ 国家重大项目课题 9487001

代，侏罗-白垩纪活动加剧，第三纪形成了一系列断陷盆地，直到现代仍有活动。盆地中保存了侏罗—第四纪地层，依-伊地堑底部为下白垩统登娄库组、泉头组和上白垩统嫩江组，与邻近的松辽盆地内同期沉积特征相同；抚顺盆地底部为下白垩统大峪组，它的沉积特征也可与邻区对比。它们之上均为第三系，二者之间为沉积间断。

地堑发育分为地堑期前、成堑期和地堑期后三个阶段。成堑期是地堑主要发育阶段，它又分为成堑早期、主要沉陷期和成堑晚期。成堑早期随着断裂活动加剧，沿边界断裂常形成粗碎屑堆积，有些地区有岩浆喷溢。主要沉陷阶段以基底持续下沉为主，随着沉降幅度增大，地堑内沉积环境发生有规律变化，地堑内的主要地层和沉积矿产也在这一阶段形成。成堑后期是地堑基底沉降速度变慢，由下降逐渐转为上升的发育过程。此时地堑基底有升有降，早期仍以下降为主，以后逐渐上升，最后地堑终被填平，从而进入地堑期后的发展阶段。成堑期地层形成于边断陷边沉积的状态下，具有明显的同生沉积特征。

地堑发育阶段在依-伊断裂带内十分清楚，地堑内前第三纪地层与其相邻盆地同组地层岩性、岩相、厚度基本相同，说明它们形成于地堑形成之前，应为地堑期前沉积。

成堑早期地层有两种情况，一类以岩浆喷溢为主，形成厚度和分布范围不同的玄武岩层。这一期火山的 K-Ar 法同位素年龄值为 75.8—50.9Ma，属晚白垩世坎番期—早始新世。岩浆喷溢开始于成堑期前的上升阶段，一直延续到地堑成堑活动的早期。玄武岩所夹沉积岩层可作为进入成堑阶段的标志。这一期火山岩主要见于断裂带的南端——沈北、辽河及抚顺盆地；另一类以粗碎屑沉积为主，地堑两侧多为山麓堆积，地堑内为洪、冲积地层。此类地层形成于地堑基底下沉之始，谷地深度不大，两侧山地相对上升较快的条件下，地堑内多数盆地属此种情况。

二、地堑形成阶段的沉积环境演变

依-伊断裂带呈细缝状，纵向虽长，但宽度甚狭，最宽处 20—30km。在地形上为一线状低谷，谷内为河流泛滥平原、沼泽、湖泊所占据，具有沉积环境多变的特点。

地堑成堑阶段　在早第三纪温暖潮湿的气候条件下，随着地堑基底持续下沉，形成了由河流、沼泽、湖泊等环境构成的演变系列。由于地堑内差异升降作用的存在，不同地区沉降的速度和幅度不一致，形成的环境演变系列有差别，主要可划分四种类型。

1.　**沼泽湖泊型（图 2）**　可以密-抚断裂带南端的抚顺盆地、依-伊断裂带南段的沈北煤田为代表，北段的依兰（达连河）煤田也属此种类型。

抚顺及沈北两盆地位于郯庐断裂带北延的分支处附近，成堑活动开始前，断裂带内曾有玄武岩岩浆喷溢，进入成堑早期，火山继续活动，火山喷发间歇期间出现河流、沼泽环境，形成玄武岩中夹有煤层。玄武岩流喷出之后，火山碎屑物质形成凝灰质岩石。此时为河流、沼泽继续发育时期，凝灰砂岩中常夹可采煤层。随着断陷区基底的下沉，沉积环境由河、沼转为以沼泽为主，进而发育成湖泊。这一演变过程发生在古—始新世，大约持继了 27Ma。渐新世抚顺盆地隆起，盆地北部为由北推覆而来的地堑期前地层所覆盖，结束了地堑活动。沈北盆地在渐新世仍继续下沉，形成河流泛滥平原。晚第三纪进入以河流为主的成堑后期发育阶段。

依-伊断裂带北段的依兰煤田可作为本类的另一代表，它的发育特点与上述过程类似

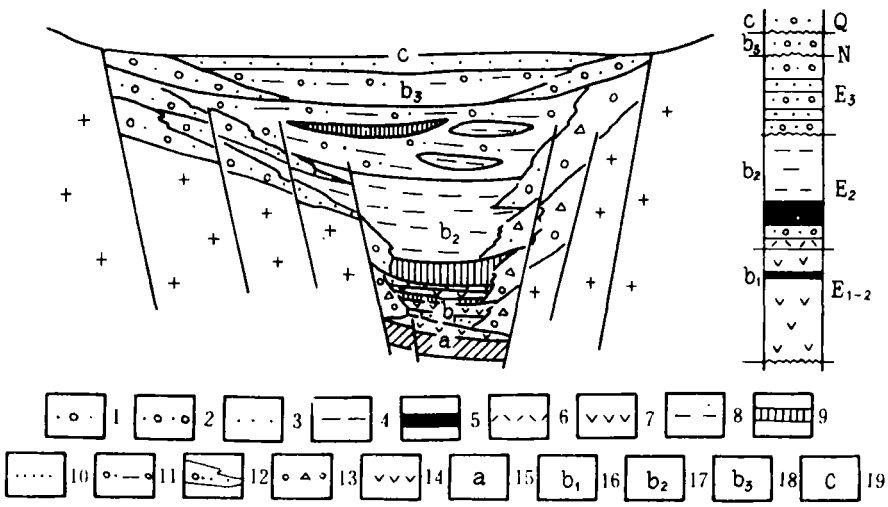

图 2 沼泽湖泊型模式剖面及典型柱状剖面图

1—7 典型剖面图例：1-砂砾；2-砂砾岩；3-砂岩；4-泥质岩；5-煤层；6-凝灰岩；7-玄武岩；8—14：模式剖面图例；8-湖泊沉积；9-沼泽沉积；10-河流沉积；11-河流及泛滥平原沉积；12-洪积扇及扇—三角洲沉积；13-山麓堆积；14-火山岩及火山碎屑堆积；15—19：地堑活动阶段；a-成堑期前地层；b-成堑期沉积；b_1-成堑早期沉积；b_2-主要沉陷期沉积；b_3-成堑晚期沉积；c-成堑期后沉积

Fig. 2 Type section and stratigraphic column of the swanp-lake-type environments

(表 1)，但缺乏早期的岩浆喷溢。这主要与它所处的构造位置有关，它是发育在燕山期花岗岩基底上的小型盆地。

表 1 沼泽湖泊型沉积特征表

Table 1 Sedimentay characteristics of the swamp-lake-type environments

发育期		抚顺		沈北			达连河	
		组	沉积特征	组、段		沉积特征	组	沉积特征
成堑期	后期	缺失	未见沉积物	邱家屯组 N		河流泛滥平原相砂、泥岩夹砂砾岩	道台桥组 N	河流相砂泥岩
	主要沉陷期			洋河组 E_{2-3}		河流、泛滥平原相砂砾岩为主，夹砂质泥岩	水曲柳组 E_3	河流泛滥平原相砂、泥岩、碳质泥岩
		耿家街组 E_{2g}	湖相页岩、泥岩	杨连屯组 E_{2y}	动物化石段	湖相泥页岩	达连河组 E_2	湖相泥岩、劣质油页岩
		西露天组 E_{2x}	湖相泥岩、页岩		植物化石段	湖相页岩、油页岩		
		计军屯组 E_{2j}	湖相油页岩、泥岩		含煤段	沼泽相煤、碳质页岩		湖、沼相煤、油页岩
		古城子组 E_{2g}	沼泽相煤层夹砂岩		含凝灰岩段	凝灰质岩夹煤层		
		栗子沟组 E_1l	河流相凝灰砂岩夹煤层					
	前期	老虎台组 E_1l	火山喷发相玄武岩夹煤层	木梳屯组 E_1m		火山喷发相安山岩、玄武岩夹砂岩		河流相砂岩
								洪积、冲积沙砾岩

2. **沼泽发育型**（图 3） 断裂带内含煤盆地多为此种类型。以舒兰盆地为例，成堑早期以洪、冲积粗碎屑沉积为主，低洼处常形成沉积型粘土矿床。孢粉分析成果说明粘土矿形成于古新世末—始新世初。始新世为沼泽与河流、湖泊交替环境。沼泽发育时间长，展布范围广，形成重要煤层。始新世晚期进入湖泊发育阶段。由于湖泊分布广，湖成暗色泥岩在地堑内可起到地层对比标志层的作用。渐新世进入河流泛滥平原为主的发育阶段，间或也有短期湖泊沼泽存在。渐新世末地堑基底短期上升之后，进入成堑后期。此期以河流为主，常有岩浆喷溢。因本类型沼泽发育时间长而稳定，分布范围广，形成地层厚度也较大，含有重要可采煤层。

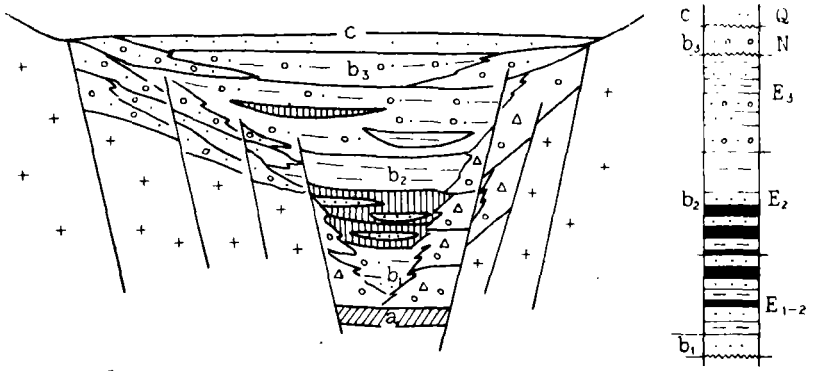

图 3　沼泽发育型模式剖面及典型柱状剖面图（图例同图 2）

Fig. 3　Type section and stratigraphic column of the swamp-type environments

3. **湖泊发育型（图 4）**　本类与沼泽发育型特点相近，但在地堑基底沉降过程中有多次较长时间的湖泊发育阶段，形成厚度大、分布广的湖相地层。相邻两次湖泊发育期之间以河流泛滥平原环境为主，时有短堑的小型湖沼发育，常形成厚度较薄的煤层及油页岩层。本类可以伊通盆地为例，成堑早期形成具洪、冲积粗碎屑岩的河流环境。主要沉陷期有三次较长时间的湖泊发育阶段，时间依次为始新世早期、晚期和渐新世晚期。此外，还有多次时间较短，规模较小的湖泊存在。渐新世后，地堑基底经过短期上升，进入以河流环境为主的成堑后期，主要沉积早期湖泊形成的暗色泥岩。由于其生成早、埋藏深、成为重要的生油岩。中、晚期湖泊形成的泥岩在条件适宜时也能生油。

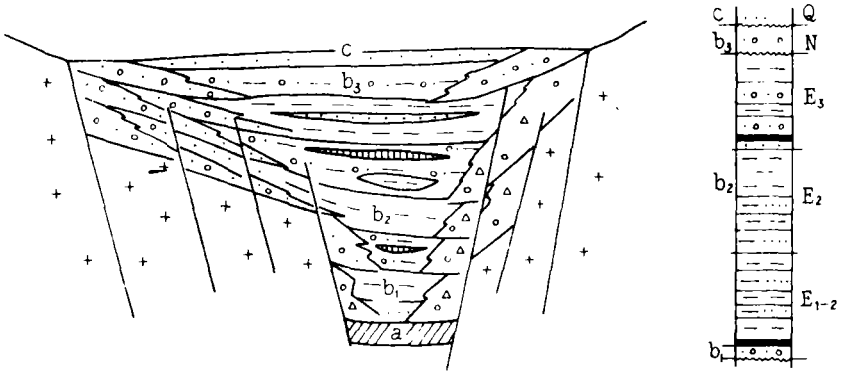

图 4　湖泊发育型模式剖面及典型柱状剖面图（图例同图 2）

Fig. 4　Type section and stratigraphic column of the lake-type environments

1. **泛滥平原型（图 5）**本类既无较长的沼泽发育阶段，也无较长时间的湖泊发育时期。在地堑的全部演变过程中，以各种与河流有关的自然地理环境为主，包括河床、河漫、牛轭湖、小型湖泊、沼泽和洪积扇。成堑期虽也形成多层煤层和湖成岩层，但其厚度大多较薄。这是地堑中最常见的类型。

地堑内还有第五种类型。在地堑成堑早期和主要沉陷期，由于地堑基底快速下沉，两侧山地急剧抬升，在边界断裂内侧常形成倒石堆、山麓扇，在湖泊两侧形成扇-三角洲。对此可称为谷地边缘型。钻遇本类地层的钻孔很少，但在地震剖面上十分清楚，如图 2—5 模式剖面图的边部所示。在地堑边界断裂内侧，有一系列与边界断裂平行的同生断层，谷地

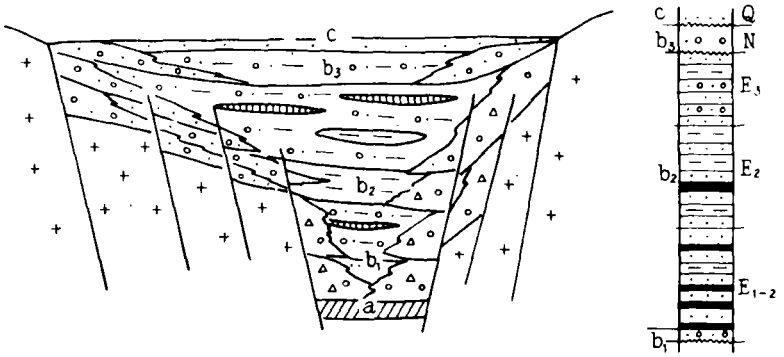

图 5 泛滥平原型模式剖面及典型柱状剖面图（图例同图 2）

Fig. 5 Type section and stratigraphic column of the flood plain-type environments

边缘的粗碎屑堆积，从地堑底部一直叠覆到地堑最上部。因断裂带内尚未发现本类单独存在的地段，故未作为一类单独列出。

三、生物群演变

依-伊地堑现代地貌为一断续的线状谷地，两侧为丘陵山地，谷内或发育有沼泽、湖泊，或有河流流过。河流或横穿地堑，或顺谷地蜿流。河流两则为泛滥平原，并有小型湖泊沼泽。因谷地横向狭窄、洪积扇、倒石堆直接盖在河漫滩上。谷地内生物以植物为主，生长有落叶阔叶林、灌丛和草本植物。两侧山地则发育有针叶阔叶混交林。成堑阶段断裂带内自然地理面貌应与此类似。

断裂带内所含化石以植物为主，以孢子花粉化石最常见，其次为化石叶片与枝干。动物化石仅见于地堑南段，伊通盆地曾发现鱼类、双壳类及介形类，但数量很少。丰富的动物化石见于抚顺和沈北两盆地。该地区在地堑成堑过程中生物群演变脉络十分清楚。

抚顺盆地为一断陷盆地，具北断南超的半地堑性质。成堑早期地层为老虎台组，虽以玄武岩为主，但其中所夹煤层说明有河流沼泽发育。化石仅见孢子花粉，其母体植物为 *Betula*（桦）、*Alnus*（桤本）、*Corylus*（榛）、*Comptonia*（香蕨木）、*Engelhardtia*（黄杞）、*Ulmus*（榆）、*Quercus*（栎）、*Salix*（榆）、*Carya*（山核桃）、*Cedrus*（雪松）及 *Taxodiaceae*（杉科）植物等。总面貌具暖温带阔叶落叶林特色，生长的是以乔木、灌木为主的植物群。

栗子沟组形成于主要沉陷早期，谷地内生物仍以植物为主，其面貌继承了成堑早期的特点。随着气候变暖，植物进一步繁盛，出现了以植物和昆虫为主的沼泽生物群。

古城子组沉积时期沼泽广布，植被为常绿阔叶、落叶阔叶混交林，常绿阔叶植物明显增多。温暖潮温的气候条件，茂密的森林适于昆虫栖息繁衍。森林中生长着 *Chironomus*（摇蚊）、*Lycoria*（蕈蚊）、*Macrocera*（蠓蚊）、*Boletina*（菌蚊）、*Eomyrmex*（切叶蚁），以及 *Chaetopleurophara*（蚤蝇）、虻类等 50 余种昆虫。这些昆虫的现生种大多栖息于亚热带，少数生存于热带或温带，与植被反映了相同的气候条件。

随着地堑基底下沉，湖泊范围扩大，进入以湖泊为主发育阶段，形成了由淡水鱼类、软体动物、介形类及植物、昆虫组成的淡水湖泊生物群。计军屯组沉积时期，湖滨生长了由 *Ginkgo*（银杏）、*Glyptostrobus*（水松）、*Metasequoia*（水杉）、*Sequoia*（红杉）、*Populus*（杨）、*Comptonia*（香蕨木）、*Alnus*（桤木）、*Betula*（桦）、*Corylus*（榛）、*Zelkova*（榉）、*Celtis*（朴）、*Acer*（槭）、

Sabalites（似沙巴榈）、*Carpinus*（鹅耳枥）、*Fagus*（山毛榉）、*Trochodendron*（昆兰村）、*Cinnamomum*（樟）等组成的亚热带常绿阔叶、落叶阔叶混交林。湖泊中生活着鱼、龟、螺类、介形类等动物。

西露天组沉积时期淡水湖泊动物最繁盛，早期湖中生有 *Fushunograpa*（抚顺雕饰叶肢介），以后螺类及介形类繁盛。螺类有 *Bithynia*（豆螺）、*Bulinus*（塔滴螺）、*Hydrobia*（水螺）、*Marstonia*（麦氏螺）和 *Valvata*（盘螺）等。所发现的化石数量多，大小混杂，壳体大多支离破碎，扭曲变形，说明当时湖水平静，螺类死后就地埋葬。化石的丰度说明湖内有机质丰富，为螺类繁殖提供了丰富食物。本区以豆螺为主的腹足类动物群，与辽河盆地同期类型有一定差别，而与苏、皖等地的同期化石又有一定的相似性。特别是 *Fushumograpa*，在东北仅见于抚顺一处，与其相近的类型却见于苏、浙、皖、粤同期地层中。这说明本区与上述地区确有联系，郯庐断裂可能成为这些动物迁移的通道。本期古湖中生存的介形类大多属淡水金星介科，以 *Cypris*（金星介）、*Cyprinotus*（美星介）、*Limnocyuthere*（湖浪介）、*Eucypris*（真星介）、*Candona*（玻璃介）、*Candoniella*（小玻璃介）为主，其次为 *Paracypris*（似星介）、*Cyclocypris*（球星介）、*Cypria*（丽星介）、*Cyprois*（柔星介）、*Darwinulla*（达尔文介）及 *Pterygo-cypris*（翼星介）。介形类化石很多，大小混杂，多为单瓣或碎片，反映的环境和腹足类相同。西露天组未见植物叶片化石，孢粉资料反映的植被类型与计军屯组沉积时类似，为常绿阔叶、落叶阔叶混交林。

抚顺地区西露天组之上为耿家街组，该组分布范围局限，化石很少。其虽为湖相地层，但未见动物化石，有的井孔连孢粉化石也找不到，反映了湖水较深的环境特点。孢粉资料说明耿家街组沉积时期的植被面貌与西露天组相同。抚顺地区缺失渐新世及其以后地层。

沈北盆地发育特点与抚顺类似，成堑早期为河流环境，生长了落叶阔叶林。在基底沉降过程中也经历了河流—沼泽的演变过程，但仅发现植物化石。湖泊发育阶段见有 *Sinoplanorbis*（中华扁卷螺）、*Hydrobia*（水螺）*Hopeiella*（小河北螺）、*Valvata* 盘螺、*Baicalis*（贝加尔螺）等腹足动物。这些化石常见于辽河盆地沙河街组第四段上部，是辽河盆地始新世动物群的一部分。主要沉降晚期的洋河组沉积时期，本区为河流泛滥平原环境，也有湖泊沼泽，湖泊中生活有 *Sinoplanorbis*（中华扁卷螺）、*Anylus*（曲螺）、*Physa*（滴螺）、*Gylaulu*（小旋螺）、*Valvata*（盘螺）和 *Bohaispira*（渤海螺）等腹足动物和一些介形类。

断裂带内大部地区为植物所占据，它们和别处同时代植物群一样，被子植物占绝对优势，早第三纪以木本植物为主，晚第三纪草本植物愈来愈重要。气候是控制植物类型的重要因素，东北地区由古新世暖温带气候条件变为始—渐新世的亚热带，晚第三纪又转为暖温带与温带。如表 2 所示，地堑内的植物群演变明显反映了这一过程。

地堑基底长期下沉为植物生长提供了一个长条形的谷地。与两侧丘陵山地相比，谷地内气候温暖，水分充足，土壤丰腴。当两则山地生长着针叶林或针叶、落叶阔叶混交林时，谷地内却生长着常绿阔叶、落叶阔叶混交林或落叶阔叶林。因谷底与两侧山地高程的不同，植被面貌也有一定差别。

四、地堑发育与环境、生物群演变的关系

地堑的宽窄、形态，断裂带两侧边界断裂及断裂带内横断裂的发育情况、展布规律都是控制地堑内环境演变的重要因素。它们决定了谷地不同地段的宽窄、规模，并使不同类

型环境的存在成为可能。一般说来，断裂带内大而深的地段有利于湖泊发育，窄而浅的地段多为河流发育区。

表 2 不同环境类型生物演变比较表

Table 2 Comparison of biological evolution in different types of sedimentary environments

成盆期划	沼泽湖泊型		其他类型			
			环境变化			植物演变
	环境变化	生物演变	沼泽发育型	湖泊发育型	河流泛滥平原型	
成盆晚期	河流为主	中—上新世：暖温带—温带，落叶阔叶林，草木植物增多	河流为主	河流为主	河流为主	中—上新世：暖温带—温带，落叶阔叶林，草本植物增多
主要沉陷期	河流泛滥平原、小型湖泊沼泽	渐新世：温暖潮温亚热带常绿阔叶、落叶阔叶林，湖泊中见腹足类及介形类	河流泛滥平原，小型湖泊沼泽	湖泊	河流泛滥平原，小型湖泊沼泽	渐新世：温暖潮湿的亚热带，常绿阔叶、落叶阔叶林，气候逐渐变冷，常绿植物渐少
				河流泛滥平原，小型湖泊沼泽		
	湖泊	始新世：淡水鱼类，腹足类，介形类及昆虫，植物组成的淡水湖泊生物发育，湖滨植被同前	湖泊	湖泊	湖泊	始新世：温暖潮湿亚热带，常绿阔叶，落叶阔叶林
	以沼泽为主，早期河流	始新世：昆虫、植物为主的沼泽生物发育，植被为常绿阔叶，落叶阔叶林	沼泽为主，河流泛滥平原	河流泛滥平原，小型湖泊沼泽	河流泛滥平原，小型湖泊沼泽	
				湖泊		
成盆早期	火山喷发，河流沼泽	古新世：温暖潮温的暖温带，生有落叶阔叶林	河流	河流	河流	始新世早期：由暖温带进入亚热带，落叶阔叶植物为主，常绿阔叶植物渐多

在地堑发育过程中，地堑基底下降的速度和幅度实际控制了环境演变系列，表 3 列出了各种环境类型的平均沉积速度。不难看出，沼泽湖泊型是相对缓慢沉积条件下的产物，湖泊发育型形成于断陷基底快速沉降的地区，沼泽发育型介于二者之间。泛滥平原型目前尚无最大厚度资料，估计其沉积速度随所处地区构造发育特点的不同而有所变化。

表 3 所列仅为地堑成堑早期—主要沉陷阶段延续时间，计算其全部发育时间还应算上成堑晚期，这样，地堑延续时间约为 53—63Ma。河、湖、沼泽等环境的形成及延续时间的长短主要受基底沉降状态的控制。湖泊形成于长时间稳定下沉地区，厚度大，为岩性单一的湖成泥、页岩。厚度巨大的河流泛滥平原沉积说明碎屑物质堆积较快，物质来源丰富。

表 3 各环境类型成堑早—中期平均沉积速度

Table 3 Average depositional velocities of different sedimentary nvironmemts in the early and middle graben-forming stages

环境类型	地区	最大厚度 (m)	延续时间 (Ma)	沉积速度
沼泽湖泊型	抚顺	650m	E_1—E_{27} Ma	2.40cm/ka
	沈北	700m	E_1—E_3 40Ma	1.75cm/ka
	达连河	700m	E_2—E_3 30Ma	2.33cm/ka
沼泽发育型	舒兰	1200m	E_2—E_3 30Ma	4.00cm/ka
湖泊发育型	伊通	4200m (平均厚度 2500m)	E_2—E_3 30ma	12.00cm/ka (8.33cm/ka)

地堑内生物群在生物演化总规律的控制下，均具有第三纪生物群的特色，并反映所在地区的气候特点。地堑构造演变对生物的控制作用仅表现在随地堑基底的沉陷，形成了河流、沼泽、湖泊等各种环境，为陆生植物、昆虫、各类淡水湖泊生物提供了生存空间。各类生物随着适于他们生存环境的出现而出现，随着这些环境发展而兴衰，生物群总体面貌也随着这些环境的改变而更替。

地堑内最常见的生物是植物，它是东北地区第三纪古植物群的一部分。长条形谷地这一特殊的自然地理环境使地堑内植被类型有别于两侧丘陵山地。理论上讲，河流两侧、沼

泽内部、湖泊周围及其他地区生存的植物在种属类型及各类植物数量比例上应有很大变化，但由于地堑内钻孔太少，目前无法深入工作。地堑内动物化石仅见于南部，这除与当时的构造位置、古地理位置有关外，长期而稳定的湖泊发育阶段，有机质丰富的浅湖环境也是重要因素。

参 考 文 献

宋之琛、曹流，1972，抚顺煤田的古新世孢粉，古生物学报，第 2 期。

北京植物研究所、南京地质古生物研究所，1978，中国植物化石，第三册，中国新生代植物，科学出版社。

洪友崇、孙湘君等，1980，辽宁抚顺煤田地层及其古生物研究，科学出版社。

洪友崇，1981，琥珀中的昆虫化石。科学出版社。

Harland, W. B. et al., A Geolgic Time Scale. Cambridge University Press, 1982.

EVOLUTION IN THE YILAN—YITONG FAULTED ZONE DURING THE GRABEN-FORMING STAGES

Chen Binglin

(Daqing College of Petroleum)

Abstract

The Yilan—Yitong faulted zone crosses obliquely the northeastern part of China. The Tertiary period was the graben-forming stage. With increasingly intense faulting, the graben followed the evolving style of sedimentation from the early graben-forming stage when the graben started to sink to the main subsidence stage and later graben-forming stage when the graben was levelled up. There were also regular variations in sedimentary environments within the graben. During the early graben-forming stage, volcanic eruption or river environments predominated, followed by river, swamp and lake environments. Four types are suggested for the sedimenttary evironments within the faulted zone. They are :(1)the swamp-lake-type exhibiting a continuous change from rivers through swamps to lakes during the early and middle graben-forming stages; (2) the swamp-type with a longer period of swamp development in the course of graben development; (3) the lake-type with a longer period of lake development, and; (4) the flood plain-type dominated by fluvial flood-plain environments. These environmental changes have an important effect on the biological evolution within the faulted zone. Geomorphically, the faulted zone displays a linear valley within which the climates might be relatively warm and humid than those on both sides, thus resulting in the differences in vegetation types in the faulted zone and on both sides. The faunal fossils were recognized mostly in the southern part of the faulted zone. The insects were many and diverse during the swamp development stage, whereas during the lake development stage, multiplied the fresh-water lacustrine biotas consisting of fresh-water fishes, molluscs, ostracods, insects and plants.