



中国石油天然气总公司

院士文集

中国科学院院士

李德生 集

中国大百科全书出版社



中国石油天然气总公司

院士文集

中国科学院院士

李德生 集

中国大百科全书出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

中国石油天然气总公司 院士文集:李德生集/李德生著.
北京:中国大百科全书出版社,1997.9
ISBN 7-5000-5865-9

I. 中… II. 李… III. 石油工程-文集 IV. TE-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 18193 号

ISBN 7-5000-5865-9



中国大百科全书出版社出版发行
(北京阜成门北大街 17 号 邮编 100037)
北京图文印刷厂印刷 新华书店总店北京发行所经销
开本 787×1092 1/16 印张 12.75 字数 234 千字
1997 年 9 月第 1 版 1997 年 9 月第 1 次印刷
定价:150.00 元



李德生 1922年10月生于上海市，1945年中央大学理学院毕业。现任石油勘探开发科学研究院总工程师、教授级高级工程师、博士生导师。1991年11月当选为中国科学院学部委员（院士）。

长期从事石油勘探开发和地质研究工作，是大庆油田发现过程中的地质科学工作者之一，1982年获国家自然科学奖一等奖。积极倡议在大庆油田采用“油田边内横切割注水开发技术”，参与编制完成大庆油田第一部开发方案“萨尔图油田146平方公里面积的开发方案报告”，经石油部和国家计委批准实施。作为主要完成者的“大庆油田长期高产稳产的注水开发技术”和“渤海湾盆地复式油气聚集（区）带勘探理论与实践……以济阳等坳陷复杂断块油田的勘探开发为例”，均获1985年国家科技进步奖特等奖。

中国石油天然气总公司 院士文集

编辑委员会

顾 问 王 涛

主 任 周永康

副主任 马富才 吴耀文 史训知 李天相
金钟超

委 员 (按姓氏笔画为序)

丁贵明	王显骢	石宝珩	刘宝和
朱秉刚	牟书令	沈平平	贡华章
陆基孟	张一伟	张友韬	张嗣伟
胡见义	徐世仁	高瑞祺	

序

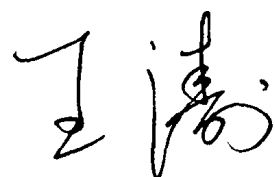
我衷心祝贺《中国石油天然气总公司 院士文集》出版发行。这套由中国石油天然气总公司系统的中国科学院、中国工程院 13 位院士撰写的文集，集中了我国石油科技理论精华，是一部反映我国石油科学技术发展的代表作。它的编辑出版，是中国石油天然气总公司重视科学技术的一个重要举措，在我国石油科技史中占有重要的地位。

新中国石油工业的发展史，是一部“两论”起家，努力创建具有中国特色的石油勘探开发理论与实践的科技发展史。众所周知，旧中国的石油工业极其弱小，解放初期全国石油产量仅 12 万吨，不及现今全国 8 小时的产量。50 年代中期，我国发现了克拉玛依油田，推动石油产量超过百万吨。60 年代，我国以大庆油田的发现和开发为标志，实现了石油自给。70 年代，渤海湾地区胜利、大港、辽河、华北、中原等油田的相继开发，推动我国原油产量在 1978 年达到 1 亿吨，跨入了世界石油大国的行列。这些年来，我国石油工业贯彻实施党中央、国务院确定的稳定东部，发展西部，油气并举，发展海上等战略方针，保持了东部地区产量的基本稳定，大庆油田在年产 5000 万吨以上连续稳产了 21 年。西部地区在新疆塔里木、吐-哈、准噶尔三大盆地取得了重大突破，开发建成了一批大型油田。在陕甘宁盆地、四川等地区新发现了一批大型气田。海洋石油形成了规模，继续保持了稳定发展。1996 年全国生产原油 1.57 亿吨，居世界第五位；生产天然气 201 亿立方米，居世界第 21 位。

这些成绩的取得，是我国广大石油职工在党的路线、方针、政策指引下，艰苦创业的结果，也包含了数十万石油科技工作者的创造性劳动。在我国石油工业艰苦创业、石油科学技术不断发展过程中，也造就了一大批理论造诣深、实践经验丰富、科研成果丰硕的石油专家、学者，两院院士就是其中的杰出代表。他们身上所体现出的热爱祖国、献身石油、勇于探索、百折不挠的精神是我们石油工业的精神财富，他们的理论与实践凝聚着建国几十年来石油科技的精华，代表了石油科技的总体水平。把两院院士们的理论著作和研究成果精选汇集出版，既是对前一历程的总结展示，又有利于后来者继承和发展。现在，13 位院士中，翁文波、童宪章、朱亚杰三位老先生业已作古，文集的出版也是对他们深深的怀念。

目前，我国石油勘探与开发工作更趋复杂和艰辛，石油工业的发展已更加依赖于石油科技的进步。在世界石油供需矛盾日趋尖锐、石油市场竞争日益激烈的

形势下，科技就是实力，谁掌握先进的科学技术，谁就是强者，谁就会赢得市场。我国石油科技工作者的历史责任重大，希望从事石油科技工作的同志们，认真地向院士们学习，努力掌握先进的科学技术，解决生产中的难题，把科技成果转化为现实的生产力，不断攀登新的高峰。祝愿我们的院士们在石油的二次创业中不断作出更多的新成果，祝愿我们石油系统涌现出更多的院士，出版更多的院士文集。

A handwritten signature in black ink, consisting of two characters: '王' (Wang) and '潜' (Qian), written in a cursive style.

一九九七年五月十五日

本书主要编辑、出版人员

总 编 辑	徐惟诚
社 长	单基夫
副总编辑	吴希曾
主任编辑	程力华

策 划	张友韬	孟 军
责任编辑	张友韬	
封面设计	高 原	
责任印制	徐崇星	

目 录

序	(1)
中国含油气盆地的构造类型 (1981)	(1)
Hydrocarbon Habitat in the Songliao Rift Basin, China (1995)	(16)
渤海湾含油气盆地的地质构造特征与油气田分布规律 (1980)	(32)
渤海湾盆地复式油气聚集 (区) 带的开发前景 (1985)	(57)
Geologic Evolution of Petroliferous Basins on Continental Shelf of China (1984)	(78)
南海东沙隆起及其周围坳陷的地质演化 (1989)	(97)
Petroleum Geology of the Langfang-Gu'an Basin, Beijing- Tianjin Region, China (1988)	(103)
中国东、南部中、新生代残留型小含油气盆地的油气富集 特点 (1988)	(125)
中国深埋古岩溶 (1991)	(132)
Hydrocarbon Occurrences in The Petroliferous Basins of Western China (1995)	(143)
Hydrocarbon Accumulations in the Tarim Basin, China (1996)	(160)
中国石油地质学的理论与实践 (1995)	(186)
编后	(192)

Content

Preface	(1)
Tectonic Types of Oil and Gas Basins in China (1981)	(1)
Hydrocarbon Habitat in the Songliao Rift Basin, China (1995)	(16)
Geological Structure and Hydrocarbon Occurrence of Bohai gulf Oil and Gas Basin (1980)	(32)
Prospect of The Composite Megastructural Oil and Gas Field in Bohai Gulf of China (1985)	(57)
Geologic Evolution of Petroliferous Basins on Continental Shelf of China (1984)	(78)
Geological Evolution of the Dongsha Uplift and Its Surrounding Depressions in the South China Sea (1989)	(97)
Petroleum Geology of the Langfang-Gu'an Basin, Beijing- Tianjin Region, China (1988)	(103)
The Hydrocarbon Accumulations of Minor Meso-Cenozoic Remnant Petroliferous Basins in South-East China (1988)	(125)
Deeply-Buried Paleokarst in China (1991)	(132)
Hydrocarbon Occurrences in The Petroliferous Basins of Western China (1995)	(143)
Hydrocarbon Accumulations in the Tarim Basin, China (1996)	(160)
Theory and Practice of Petroleum Geology in China (1995)	(186)
Editors' Words	(192)

中国含油气盆地的构造类型

Tectonic Types of Oil and Gas Basins in China

摘 要 中国含油气盆地的基本构造类型有三种：

(1) 中国东部含油气盆地——拉张型盆地。在大兴安岭—太行山—长江三峡以东分布有一系列板内裂谷盆地，其成因机制与上地幔的隆起有关。如渤海湾、苏北、江汉等盆地为多旋回的断陷-坳陷盆地。松辽，南阳-泌阳为单旋回的断陷-坳陷盆地。珠江口是南海扩张盆地的北部陆壳边缘断陷-坳陷盆地。

(2) 中国中部含油气盆地——过渡型盆地。鄂尔多斯和四川盆地为板内多旋回坳陷盆地。

(3) 中国西部含油气盆地——挤压型盆地。准噶尔、塔里木和柴达木为碰撞挤压带之间的大型复合盆地，乌苏、库车、酒泉和民乐等盆地为山前坳陷盆地，吐鲁番为天山山间盆地。

Abstract The hydrocarbon-bearing basins in China consist of the following three basic tectonic styles:

1. Eastern China-Tension Type Basins A series of intraplate rift-subsided basins, distributed east of the Daxin'anling-Taihangshan-Yangtze Gorge trend, was formed under the influence of an upwarping of the upper mantle. Examples are the polycyclic rift-subsided basins such as the Bohai Gulf, Subei (Northern Jiangsu), and Jiangnan basins. The Pearl River Mouth Basin is also a rift-subsided basin, located along the continental margin and northern edge of the tensional South China Sea.

2. Central China-Transition Type Basins Examples are the polycyclic subsided basins such as the Ordos and the Sichuan basins.

3. Western China-Compression Type Basins Examples are the large oval-shaped composite basins such as the Junggar, Tarim, and Qaidam basins; the Foredeep basins such as the Usu, Kuqa, Jiuquan,

and Minle basins; and the intermontane basins such as the Turpan Basin.

前言

中国国土面积为 960 万平方公里，其中约 420 万平方公里为未变质的沉积盆地。近海大陆架水深 200 米以内的面积约 130 万平方公里。我国适宜于进行石油勘探的沉积盆地总面积共约 550 万平方公里（图 1）。

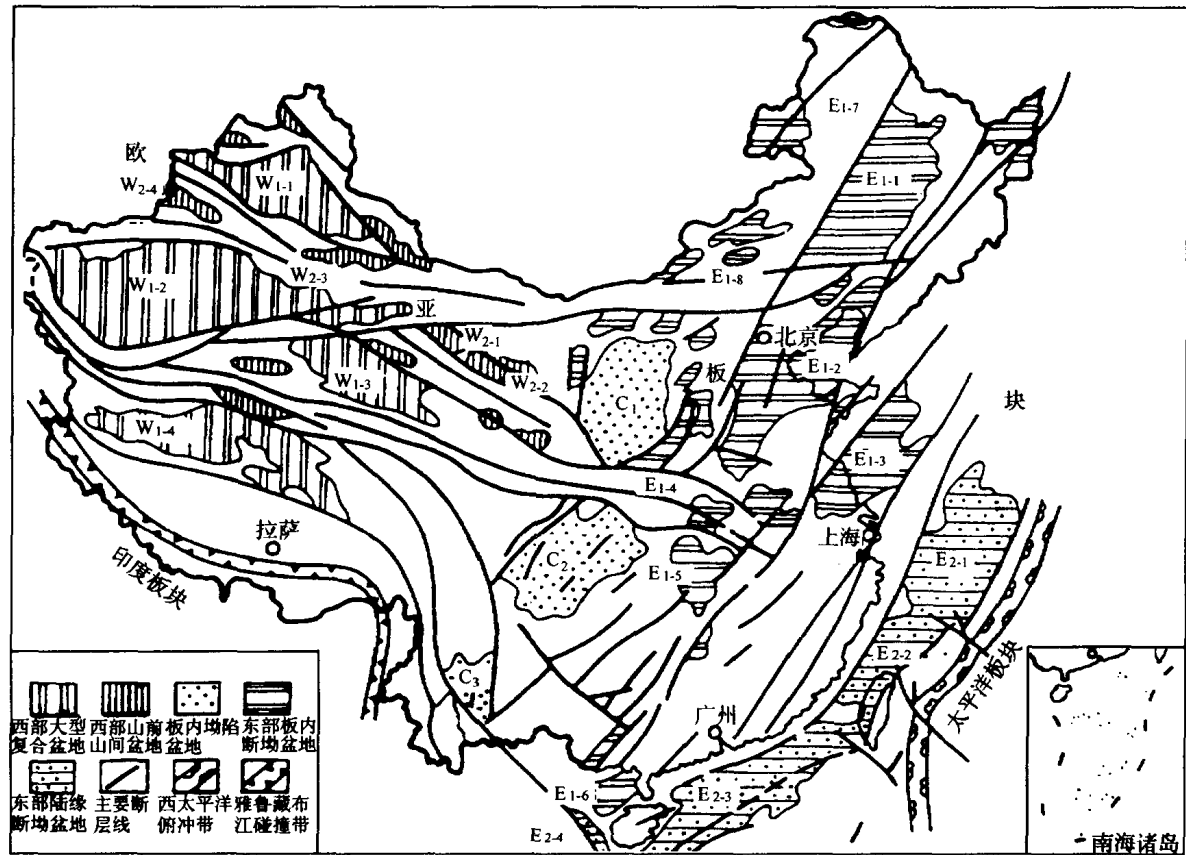


图 1 中国含油气盆地分布图

根据中国陆地和大陆架岩石圈的厚度和结构可划分为二类地壳：陆壳区和陆壳边缘带。中国陆壳特定的地质发展历史，控制了含油气盆地的类型、沉积岩的分布和火成岩的活动，影响地温梯度，决定油气生成和运移的时间和油气藏的圈闭类型等。

目前我国年产原油 1 亿多吨，主要是在陆壳区（板内）的中、新生代沉积盆地内产出的。陆壳边缘带（包括一部分大陆架）的石油勘探工作尚处于普查和区域勘探阶段。

一、地质发展史

从中、上元古代到新生代，中国的陆地和大陆架经历了比较复杂的地质演化历史。

①元古界：中国大陆地壳是由华北、胶辽、扬子和塔里木等古老的基底组成，经受吕梁运动的深成变质作用。到元古代中期，中国北方被海水淹没，沉积中、上元古界海相硅质白云岩为主的地层（地质年龄约19~8亿年前），最厚达9400米，富含藻类化石具有生油岩的特征。燕山区中、上元古界白云岩和页岩露头有油苗和沥青。冀中平原第三系底部不整合面下的中、上元古界或古生界倾斜断块潜山内发现了高产油藏。

中国南方的深成变质作用延续到元古代晚期。晋宁运动以后，晚震旦系（约8~6亿年前）的海相硅质白云岩厚约500~700米，含蓝绿藻和绿藻化石。四川盆地震旦系白云岩为重要的储气层。

②古生界：震旦纪末，北方的蓟县运动（约8亿年前）使新疆、蒙古、黑龙江地区和胶辽、朝鲜地区隆起成陆。围绕陆地的浅海地区沉积早寒武世至中奥陶世以碳酸盐岩为主夹薄层泥岩和蒸发岩的沉积，厚约1000~1500米。中奥陶世以后在蒙古一带发生了地幔上涌。亚洲大陆地壳破裂，在西伯利亚和中国北部之间的蒙古地向斜内沉积了巨厚的海相沉积。加里东运动激烈的构造活动和深成变质作用形成新的大陆地壳，增补在古大陆地壳周围。华北地台持续上升，一直到早石炭世经受长期的剥蚀和准平原化。

中国南方整个古生代接受碳酸盐岩夹厚层海相页岩沉积，厚约3000~5000米。华南地区加里东期亦产生深成变质作用。日本列岛的基底当时与大陆相连，在太平洋一侧为浅海沉积。

石炭二叠纪时，蒙古地向斜继续发展。海西运动时，大陆边缘地带的深成变质作用更加活跃，海陆变迁急剧。中晚石炭世华北地台除局部地区外普遍下沉，沉积海陆交替相的含煤建造，厚约200~400米。二叠纪为地台内部盆地，沉积300~1500米厚的红层。

扬子地台石炭二叠纪有广泛的海侵，某些地区海侵持续发展到中三叠世。四川盆地石炭系白云岩和二叠系灰岩为广泛的储气层。

③中生界：三叠纪时昆仑—秦岭—大别山呈东西方向隆起，横亘在中国北方和南方之间，成为重要的地质分界线。二叠纪末海西运动晚期，太平洋地壳活动活跃起来。蒙古地向斜受到压缩，出现了从秦岭以北到西伯利亚的大片陆地区域。地壳的不均一运动到处形成了地台内部拗陷盆地，如准噶尔、鄂尔多斯和沁水盆地等。三叠纪海侵从西南方向的古特提斯海进入中国南方扬子地台区。

三叠纪末，太平洋地壳运动更加强烈。印支运动影响到中国整个南方，使侏罗纪海退到西藏、滇西地区。白垩纪海又进一步退到西藏南部和塔里木盆地西南部。

侏罗纪和白垩纪时期，整个中国都受到燕山运动的影响。中国中部和西部三叠纪时形成的盆地大体继承性地发育，如准噶尔、鄂尔多斯、四川和楚雄等盆地。中国东部强烈地发生了褶皱、断裂和中酸性火山作用。古生界地台由于拉张作用而破裂，局部地幔上涌，形成一系列板内断陷-拗陷盆地，如松辽、渤海湾、苏北-南黄海、江汉和北部湾等盆地。

④新生界：早第三纪整个东部地区以块断升降运动为主。渤海湾、苏北-南黄海、江汉、北部湾和珠江口等盆地的早第三纪凹陷都是由一系列箕状断陷或地堑断陷所构成。其中沉积了湖相沉积层，形成重要的生油和储油岩。

中国西南部由于印度板块向欧亚大陆的推挤使西藏海北支封闭。松潘—甘孜和三江挤压褶皱带隆起成陆。西藏-滇西小板块和欧亚板块碰撞附结在一起。第三纪特提斯海仅仅残留在喜马拉雅区呈一狭长的凹槽。另一分支海湾伸入到塔里木盆地西南部喀什、叶城一带。

喜山运动期是中国东部断陷-拗陷盆地发育和西太平洋海沟-岛弧-边缘盆地构造形成的活跃期。东海盆地由于弧后拉张断陷先形成东海西部拗陷，随后褶皱封闭。后形成东海东部拗陷（冲绳海槽），经断陷、拗陷到更新世以后再拉张断陷。两个拗陷之间的中部隆起，可能是上新世以前的残余岛弧。目前的岛弧已向东移到日本列岛和琉球群岛。南海盆地是菲律宾岛弧的弧后盆地。珠江口拗陷是南海弧后盆地的北部边缘。早第三纪为断陷期，中中新世以后转为拗陷期，由湖相转为半封闭海再转为开阔海沉积。

在中国陆地和近海大陆架的第三系沉积盆地内已发现有丰富的石油和天然气资源。

二、盆地构造类型

中国含油气盆地的基本构造类型有三种（图2）。

（一）中国东部含油气盆地——拉张型盆地

中国东部含油气盆地目前原油产量占全国产量的90%以上。这些盆地都是在陆壳内部古老而复杂的基底上发育起来的拉张型中、新生代断陷-拗陷型含油气盆地。其规模较大、类型较多、发育序列较为明显。根据近年来在东部含油气盆地所进行的物探和石油钻井资料，对各盆地的区域构造属性已有一定程度的了解（表1）。

（1）中国东部大型沉积盆地的基底都存在有古老的地块。渤海湾盆地的基岩

挤压型盆地		过渡型盆地		拉伸型盆地	
W ₁		W ₂	C	E ₁	E ₂
挤压带间的复合盆地		山前、山间盆地	板内拗陷盆地	板内断陷、坳陷盆地	陆壳边缘断陷、坳陷盆地
W ₁₋₁ 准噶尔盆地		W ₂₋₁ 酒泉盆地	C ₁ 鄂尔多斯盆地	E ₁₋₁ 松辽盆地	E ₂₋₁ 东海盆地
W ₁₋₂ 塔里木盆地		W ₂₋₂ 民乐盆地	C ₂ 四川盆地	E ₁₋₂ 渤海湾盆地	E ₂₋₂ 台湾盆地
W ₁₋₃ 柴达木盆地		W ₂₋₃ 吐鲁番盆地	C ₃ 地槽盆地	E ₁₋₃ 苏北-南黄海盆地	E ₂₋₃ 珠江口盆地
		W ₂₋₄ 伊犁盆地		E ₁₋₄ 江汉盆地	
				E ₁₋₅ 南阳-泌阳盆地	E ₂₋₄ 莺歌海盆地
				E ₁₋₆ 北部湾盆地	

图 2 中国主要含油气盆地构造类型与构造剖面图

表 1 中国东部主要含油气盆地区域构造属性

盆地名称	松辽	渤海湾	苏北-南黄海	南阳-泌阳	江汉	北部湾	莺歌海	珠江口	东海西部	东海东部
面积(10 ⁴ km ²)	26	20	13.1	0.46	7.9	4	6	14	26	14.5
地貌	冲积平原	冲积平原 和海湾	冲积平原	山间丘陵	冲积平原	近海陆架	近海陆架	近海陆架	近海陆架	近海陆架 和海槽
海水深度(m)		0~50	0~60			0~50	0~500	0~200	50~200	500~2200
盆地基底	Pz 褶皱 基底	AnZ 结晶 基岩	Pt ₁ 变质基岩	Pt ₁ 变质 基岩	Pt ₁ 变质 基岩	Pz ₁ 变质 基岩	Pz 变质 基岩	Mz 花岗岩	Mz 火山- 沉积岩	Mz-E 褶皱基底
沉积盖层	J~K	Z, Pz, Mz, R	Z, Pz, Mz, R	K~E	Z, Pz, Mz, R	Pz ₂ , R, Q	Mz, R, Q	R, Q	R, Q	N, Q
沉积岩厚度 (km)	4~6	3~10	4~11	4~8	3~12	4~6	2~10	2~8	5~8	3~4.5
磁场特征	宽缓正异常	NE 向 正负异常	NEE 向 正负异常	高磁反映 火成岩	宽缓异常带	低缓升高 磁场	NW 向磁 异常	大面积负 异常	NE 向 正负异常	不连续正 异常
重力特征	布格 10~20mg	10~20mg	-5~ +15mg	负异常带	10~20mg	0~15mg	0~30mg	0~50mg	0~20mg	20~160mg
地壳厚度(km)	27~35	29~37	33~36	37	35~37	36	30~32	26~30	25~30	15
地温梯度 (°C/km)	37	33~45	30~32	37	31~32	40	36~40	42~48	33(1.5H. F.U.)	4~8H. F.U.
岩浆活动	第四纪玄 武岩	新生代玄 武岩	新生代玄 武岩		第三纪玄 武岩	第四纪玄 武岩	E 中性火 山岩	第三纪玄 武岩	E 中性火 成岩	第四纪玄 武岩
地震活动	微弱	强烈线状 分布	较强烈	微弱	微弱	微弱	较强烈, 线状分布	较强烈	强烈, 线 状分布	深、浅震 强烈
含油气层系	白垩系	第三系-中、 上元古界	第三系, 三叠系	第三系	第三系	第三系, 上古生界	第三系	第三系	第三系	第三系
盆地构造类型	板内断陷- 坳陷盆地	板内多旋 回断陷- 坳陷盆地	板内多旋回 断陷-坳 陷盆地	板内小型断 陷盆地	板内多旋回 断陷-坳 陷盆地	板内多旋回 断陷-坳 陷盆地	陆壳边缘 断陷-坳 陷盆地	陆壳边缘 断陷-坳 陷盆地	弧后不活动 的陆壳边 缘断陷- 坳陷盆地	弧后活动的 陆壳边缘 断陷盆地

为太古界。南阳-泌阳盆地、江汉盆地和苏北-南黄海盆地的基岩为元古界。松辽盆地的基岩为古生界。这些深部的地块与现今盆地的范围大致相当。盆地的地壳厚度约为 25~37 公里。

中国东部中、新生代以来由于太平洋板块向欧亚板块的俯冲，使中国陆壳向东蠕散，沿北北东方向产生地壳破裂带。上地幔沿着地壳减薄和地裂带隆升。局部地幔隆起区岩石圈减薄，上层地壳处于引张应力作用下，使原来古生界的基底块断破裂，形成一系列箕状或地堑状重力断陷盆地，并演化为大型拗陷盆地。使中国东部地壳既具有陆内增生也具有陆缘增生的地壳演化的双重机制。

(2) 华北地台和扬子地台内部发育起来的含油气盆地具有沉积的多旋回性。前震旦纪结晶基岩之上有中、晚元古代和古生代的海相碳酸盐岩沉积建造，岩性稳定，具有生成油气的条件。上叠的中、新生代断陷-拗陷盆地具有新期的生储盖组合。因此，渤海湾、苏北-南黄海和江汉等盆地类型属于板内多旋回断陷-拗陷盆地。松辽、南阳-泌阳和北部湾等盆地是在地槽褶皱区的背景上发育起来的含油气盆地，晚元古界或上古生界以前的地层都已经受区域性的变质作用。只有中、新生代具有主要的生油期。因此，松辽和北部湾等盆地类型属于板内断陷-拗陷盆地。南阳-泌阳盆地属于板内小型断陷盆地。珠江口盆地的基底为古生界变质岩系及中生界花岗岩。莺歌海盆地的基底为古生界变质岩系，处于南海扩张盆地的北部边缘，其盆地类型属于陆壳边缘断陷-拗陷盆地。是华南陆壳边缘因拉张断裂而形成的新生代盆地，具有第三系的生储盖组合。东海盆地和台湾西部盆地由于古生界、中生界和老第三系都已褶皱变质，只具有新第三系生储盖组合的旋回结构。东海西部拗陷和东部拗陷的构造属性不同，西部拗陷的地壳厚度为 25~30 公里。中部隆起带地壳厚度仍有 30 公里。到东部拗陷（冲绳海槽）减薄为 15 公里，上地幔沿海槽大幅度隆起，热流值比西部拗陷增高 3~5 倍。西部拗陷在中新世以前为断陷阶段，中新世以后转为拗陷阶段，因此东海西部拗陷属于弧后不活动的陆壳边缘断陷-拗陷盆地。冲绳海槽自更新世以来尚在继续扩张裂开，属于弧后活动的陆壳边缘断陷盆地。

(3) 每个大型断陷-拗陷盆地的岩石圈都相对隆起，上地幔隆起区的范围与盆地大致相当。其隆起幅度一般为 2~8 公里。在大型幔隆区上部对应部位，发育有一系列单断的箕状凹陷或双断的地堑凹陷。基底以反向正断层为主，盆倾的正断层都呈“坐椅式”的缓断面。盆地内的次级构造带都与基底块断活动或盆地周缘的同生断层活动有关。

(4) 东部拉张型盆地的基底不断破裂、扩张和沉陷，使盆地具有早期断陷、中期拗陷和后期填平的发育过程，具有快速堆积的沉积特点。松辽盆地白垩系地层沉积速率为每年 0.1 毫米。渤海湾盆地第三系地层沉积速率为每年 0.1~0.4 毫米。江汉盆地第三系地层沉积速率为每年 0.29 毫米。泌阳盆地下第三系地层沉