

烃源岩

地球化学

程克明 王铁冠 钟宁宁 等著

科学出版社

烃源岩地球化学

程克明 王铁冠 钟宁宁 等著

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是我国烃源岩地球化学研究专著。作者在概观我国各主要成油时期烃源岩展布的基础上,重点研究了湖相泥岩、海相碳酸盐岩、煤及煤系泥岩的有机岩石学和有机地球化学特征、生源构成、成烃演化规律、各演化阶段产烃潜力及成烃模式。在油气源对比研究中,采用了多因素相关对比及以天然气中的凝析油及储层沥青为桥梁的气-岩直接对比法。在烃源岩定量评价研究方面采用了人工模拟与自然演化相结合的定量评价方法。本书可供石油地质科技人员、有机地球化学专业师生参考。

烃源岩地球化学

程克明 王铁冠 钟宁宁 等著

责任编辑 胡晓春

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

新华公司 激光照排

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1995年12月第一版 开本:787×1092 1/16

1995年12月第一次印刷 印张:17 1/2 插页:8

印数:1—500 字数:405 000

ISBN 7-03-004607-2/P·816

定价:41.70元

前 言

《烃源岩地球化学》是在石油地质学、石油地球化学和有机岩石学的基础上,运用现代油气生成理论的新观点,紧密结合油气勘探实际,重点研究湖相泥岩、海相碳酸盐岩、煤及煤系泥岩生烃过程、产烃潜力及油气特点的一部专著。

本书在以下几个方面进行了较系统的研究与论述:

一、系统研究了中国各主要成油时期烃源岩的展布。书中对我国 38 个重点油气盆地烃源岩的有机质丰度、母质类型及生烃潜力进行了研究。在此基础上,进一步研究了各类沉积盆地生烃强度分布及其与油气富集的关系,提出了可获工业油气流盆地生烃强度的下限值。

二、系统地研究了我国主要烃源岩显微组分的有机岩石学特征及其分类,将其与源岩有机地球化学特征研究紧密结合,从显微组分在演化过程中的荧光特性变化和可溶有机组分分子异构化等方面进一步研究了有机物的成烃演化机制及各类母质的成烃模式。

三、在各类源岩的生物标志物研究方面,在组合定量研究的基础上,系统地使用生物标志物研究生源构成和沉积环境追溯,拓宽了生物标志物的研究视野。

四、开展了油气源对比新方法研究,在油源对比方面,除使用生物标志物特征分子对比之外,还提出了多因素相关综合对比。在气源对比方面,提出了“桥梁过渡对比新思路”,即采用天然气中的凝析油和储层沥青作“桥梁”,直接进行气-岩的生物分子标志物对比,效果良好。

五、研究了我国主要成煤时期煤及煤系泥岩成烃特征,重点研究了第三系树脂成烃未熟油或低熟凝析油和天然气的成因机制;以吐哈盆地为例,研究了侏罗系煤系成油特征;研究了南华北石炭—二叠系Ⅱ煤相荧光镜质体的生烃机制及产烃潜力,扩大了油气勘探领域。

六、在烃源岩定量评价方面,一方面采用自然演化与人工模拟相结合,分别对湖相泥岩、海相碳酸盐岩、煤及煤系泥岩生烃潜力进行了系统地模拟实验研究,获得了各类源岩不同演化阶段气、液态烃产率,结合源岩地质体演化阶段划分,求得各地质时期油气的总生成量,为油气资源预测提供了重要依据。另一方面是依据自然演化的源岩中残余烃量,结合有机质的演化条件和油气运移研究不同类型盆地(或凹陷)油气初次运移效率,进而利用“数字化积分法”测算出盆地(或凹陷)油气总生成量。上述两种方法的结合,实际上是油气生成过程的静态分析与动态分析的结合。该法经不同类型盆地实践,效果良好。

本书共分四篇十四章,作者如下:第一篇:第一章,程克明;第二章,钟宁宁;第三、四章,王铁冠;第五章,程克明、钟宁宁。第二篇:第六、七章,程克明。第三篇:第八章,王铁冠;第九章,程克明;第十章,赵师庆、王铁冠。第四篇:第十一、十二、十三章,程克明;第十四章,王铁冠。全书由程克明统编,在成稿过程中,姜春庆、黄光辉、陈建平、何忠华等也参与了部分工作。

目 录

前言

第一篇 总 论

第一章 我国烃源岩发育特征及展布	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 晚古生代烃源岩发育特征及展布	(4)
第三节 中生代烃源岩发育特征及展布	(6)
第四节 第三纪烃源岩展布	(12)
第二章 烃源岩的有机显微组分——成烃原始母质	(17)
第一节 显微组分分类	(17)
第二节 显微组分特征	(22)
第三节 显微组分组成	(35)
第三章 烃源岩的可溶组分——潜在的与残留的烃类	(41)
第一节 可溶组分及其族组成	(41)
第二节 饱和烃馏分的组成	(43)
第三节 芳烃馏分的组成	(50)
第四章 烃源岩的类型	(59)
第一节 泥质岩(非煤系)烃源岩	(59)
第二节 碳酸盐岩烃源岩	(61)
第三节 煤系烃源岩	(62)
第五章 有机质演化与源岩成烃模式	(65)
第一节 显微组分的演化	(65)
第二节 芳烃的荧光特性研究	(75)
第三节 沉积岩石中分散有机质可溶组分的演化	(83)
第四节 干酪根成烃演化阶段划分及成烃模式	(103)

第二篇 油气源对比研究

第六章 油源对比	(115)
第一节 南堡凹陷的地质简况	(115)
第二节 油源对比方法与结果	(117)
第七章 气源对比	(131)
第一节 琼东南盆地崖 13-1 气田的气源对比	(131)

第二节 储层沥青在气源对比中的应用.....	(140)
------------------------	-------

第三篇 煤成烃研究

第八章 第三系树脂成因未成熟煤成烃的研究——以沿海和近海地区为例.....	(149)
第一节 树脂成烃的机制.....	(149)
第二节 褐煤树脂体成烃的依据.....	(150)
第三节 有机显微组分和成烃母质.....	(154)
第四节 生物标志物组合与生源构成.....	(158)
第五节 树脂成因未成熟煤成烃的勘探前景.....	(165)
第九章 侏罗系煤成烃研究——以吐哈盆地为例.....	(167)
第一节 地质简况及生烃条件.....	(167)
第二节 吐哈盆地各油区的油气来源.....	(176)
第十章 石炭-二叠系煤成烃研究——以南华北地区为例	(188)
第一节 地质背景	(188)
第二节 煤岩学特征.....	(189)
第三节 有机地球化学特征.....	(192)
第四节 煤成烃潜力的分析评价.....	(197)

第四篇 烃源岩产烃潜力及评价方法

第十一章 烃源岩生烃过程的热压模拟实验研究.....	(203)
第一节 实验方法及流程.....	(204)
第二节 实验结果.....	(206)
第三节 热压模拟结果在油气勘探中的应用.....	(233)
第十二章 数字化积分法计算总油气生成量	(239)
第一节 方法原理及计算公式.....	(239)
第二节 总生油量计算中运移系数的测算.....	(240)
第十三章 生烃中心与油气富集关系.....	(246)
第一节 陆相沉积盆地生油中心控制油气分布.....	(247)
第二节 陆相沉积盆地含油气性分类.....	(249)
第十四章 有机岩石学评价方法.....	(253)
第一节 概述.....	(253)
第二节 评价前的资料准备.....	(254)
第三节 评价的基本原理.....	(259)
第四节 烃源岩评价实例.....	(261)
参考文献.....	(266)
图版 (12 幅) 及图版说明	(271)

第一篇 总 论

第一章 我国烃源岩发育特征及展布

本章重点讨论中国各类源岩的时空分布,同时研究各主要地质时期烃源岩的有机质丰度和生烃潜力,从而展示出我国晚古生代以来陆相沉积的良好找油气前景。

第一节 概 述

中国大陆位于欧亚板块东南部,各地史时期的主要构造变动均有强烈的反应,中、新生代的构造变动尤为活跃,在前震旦纪克拉通和各时代褶皱带背景上形成一系列中、新生代含油气盆地,它们在大地构造格局上具有东西分带和南北分区的特点,并且根据形成机制和含油气特点可将其分为三大含油气区:东部裂谷型含油气区,西部挤压型含油气区和中部复合型含油气区。东部中、新生代断陷盆地均叠置于前震旦纪以来的不同时代褶皱带之上,在太平洋板块俯冲作用下形成一系列断陷盆地;西部含油气区自新生代以来,由于古地中海封闭和印度板块强烈的挤压碰撞,形成一系列大型山间和山前盆地。古生代及前古生代的油气盆地则主要受“槽台”构造格局所控制。

中国存在海相和陆相两大找油领域,现已探明的油气储量 95% 产自陆相湖盆沉积地层之中。因此,陆相油气生成及富集规律的研究是中国石油地质的特色之一。然而,中国还有近 300 万平方公里的海相碳酸盐岩沉积,累计地层厚度近万米,地质时代主要集中于前中生代。目前已在四川、鄂尔多斯及塔里木等盆地的上元古界与下古生界获得工业油气流,这是中国又一个油气潜力巨大的勘探领域。

中国油气勘探的实践已经证明,陆相沉积盆地中同样具有形成大型和特大型油气田的地质条件和物质基础。陆相湖盆沉积中具有丰富的有机质物源,这些有机物质一方面来自陆地河流的供给,另一方面由于陆表水所提供的丰富养分使湖生生物得以大量繁殖,从而为湖盆有机物质的沉积提供主要物源。连续沉积和继承性的沉降盆地中,在还原条件下有机物质得以聚集、埋藏和保存,并由于足够热能的供给,使已形成的干酪根大量热降解成烃,在有利的储层和圈闭中形成油气藏。我国松辽盆地(白垩系)和渤海湾盆地(下第三系)就是陆相湖盆形成特大型和大型油气田的典型实例。很有意义的是,在中国的陆相湖盆中,不仅是大型湖盆可以聚集十分丰富的油气资源,而且一些沉积面积小于 1 000 km² 的中、小盆地(或凹陷),无论其具有拉张还是挤压成因,只要沉积岩连续沉积厚达 5 000 m 以上,水体达深水-半深水以上者,均可形成和富集油气资源,如山间型盆地泌阳凹陷(面积 1 000 km²)、裂谷型的辽河大民屯凹陷(800 km²)、广西百色盆地(930 km²)。这些小型盆地同样具有丰富油气资源,其最本质的因素除了具有十分发育的源岩层外,油气生成、运移和聚集过程在时间与空间上的合理配置也是决定性的因素。

中国各主要生油时期源岩发育特征及时空分布如下:

从震旦纪至早古生代以来,中国境内虽有加里东褶皱带的升起,但总体的格局是陆

地低平,大部分地区为浅海淹没,碳酸盐岩沉积广布。

震旦—寒武纪,稳定地台区以碳酸盐岩沉积为主。震旦系灯影组为富含藻类的白云岩,寒武系为三叶虫灰岩,中国南方这套地层为厚逾数千米的类复理石式沉积或浊积岩和硅质岩等深水沉积。从有机质丰度变化来看,中国震旦系至下古生界以华北陆台有机质含量最丰,如冀北燕辽地区震旦系铁岭组灰岩有机碳高达1%,其中泥页岩分散有机质更为丰富。中国南方灯影灰岩中也富含藻类,上扬子地区(云南、贵州和四川),该套地层中广泛分布碳沥青,其产状多为碳酸盐岩缝洞充填物。贵州麻江古油藏便是其碳沥青集中分布区,这是典型的古油藏经后期构造变动破坏的产物;四川西北部南江、旺昌和广元田坝一带均有碳沥青及石沥青的分布,广元田坝约50km²范围内,在寒武系中便发现大小不等的近300条沥青脉,其中最大的田一脉地面出露宽达8m,一般呈树枝状分布。下扬子地区浙江泰山古油藏亦形成于这一时期。现今四川盆地的威远气田其主要产层便是震旦系灯影组缝洞灰岩。

综上所述,从震旦系至下古生界沉积中,中国已发现气藏及古油藏。尽管其油气源对比尚未最后提出以古老地层作为源岩的直接证据,但从天然气碳、氢、氮、氩等同位素的组成特征以及源岩与产物的成熟度推算,震旦—寒武系仍属可能源岩。然而,古老碳酸盐岩中丰富的藻类有机质也为油气的生成提供了物质基础。因此,中国震旦—寒武系碳酸盐岩生成和聚集过油气已确定无疑。

第二节 晚古生代烃源岩发育特征及展布

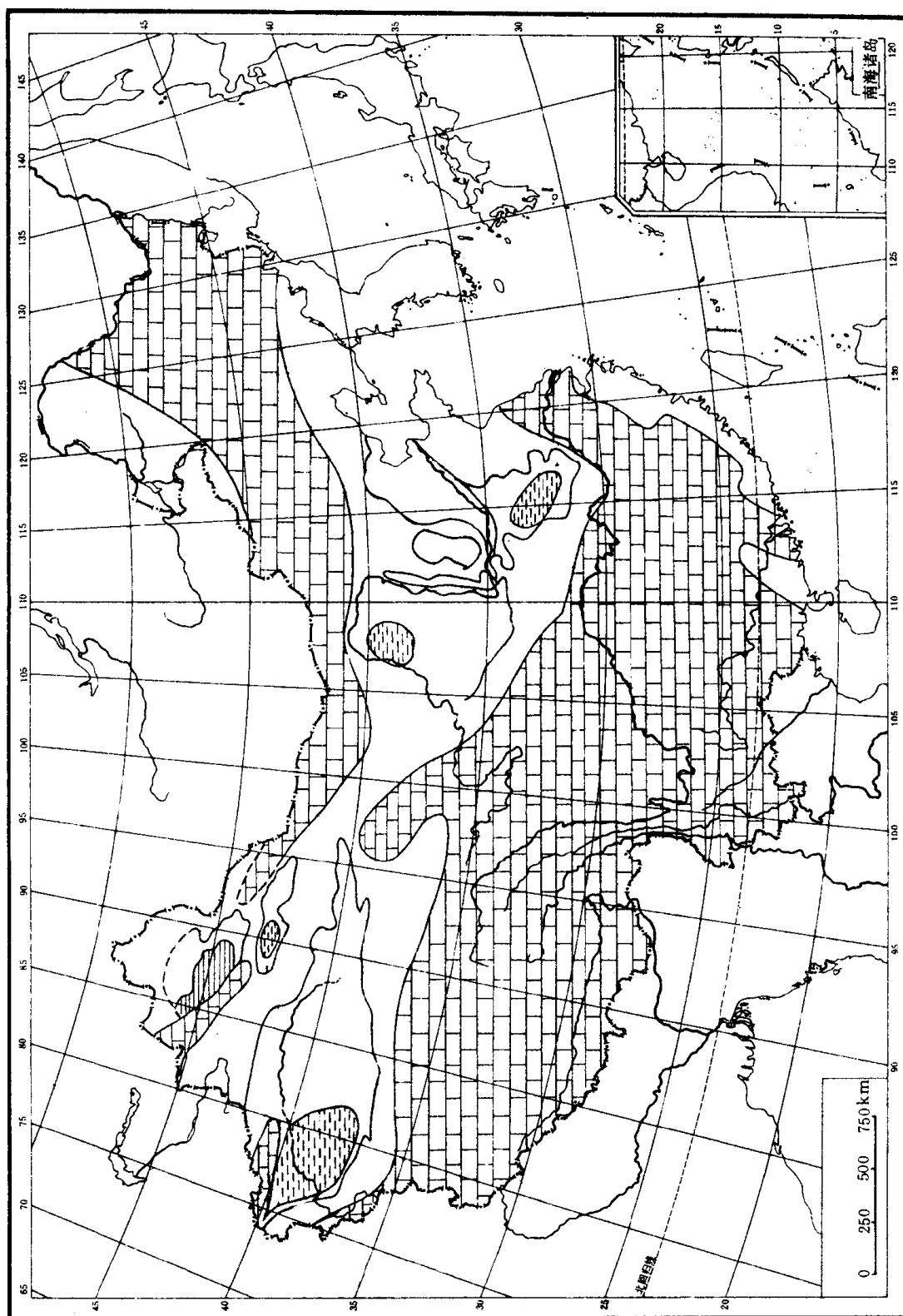
晚古生代时期,海西构造运动使我国陆地面积显著增大,陆相沉积逐渐增多。泥盆纪时期,由于气候干燥,陆生生物贫乏,大多为红色沉积。石炭纪时期,气候温湿,蕨类植物空前繁殖,其中晚期形成了广布的滨海沼泽及含煤的海陆交互相沉积,这是我国重要含煤时期之一。

下石炭统主要分布于我国南方。早石炭世晚期由于短暂的海侵,在雪峰、江南、武夷、华夏古陆边缘滨海地带形成海陆交互相的含煤建造,一般厚50—250m,广泛分布于滇东(万寿山段)、黔南(旧司组)、桂北(寺门段)、湘中、粤北、赣西(测水组)、浙西等地。此外,在四川龙门山区、甘肃、青海和新疆亦有零星分布。

中石炭统本溪组(羊虎沟群)沉积时华北地台为一东倾海盆,乌兰格尔-庆阳古陆梁分隔了华北与祁连二海区,使它们分属两种不同沉积类型。东部华北海区沉积了地台型海陆交互相含煤建造,称本溪组,厚度50—150m。西部祁连海区沉积了羊虎沟群,属过渡型海湾—潟湖、滨浅海沼泽相含煤岩系,厚度变化很大,在宁夏乌达、韦州拗陷其沉积厚达1000—2500m。

在四川中部石炭系中已发现原生天然气藏,在准噶尔、陕甘宁、华北等盆地都已发现和正在发现越来越多的油气藏。

二叠纪时期,随着海西褶皱带的形成,海水已全部退出中朝陆台,我国陆地面积大幅度增加,古气候仍继承着石炭纪的潮湿气候,高等植物十分繁茂,是我国继石炭纪之后又一重要成煤时期,同时也是我国一个重要的陆盆形成时期和陆相生油时期(见图1-1、表1-1)。



本图上中国国界线系根据中国地质出版社1989年
出版的1:600万《中华人民共和国地质图》编制

图 1-1 中国二叠系陆相源岩分布示意图

(据盛志伟资料)

表 1-1 中国石炭—二叠纪生油资料表

盆地名称	地层时代	成熟生油岩			有机质丰度				母质类型
		面积 (km ²)	厚度 (m)	体积 (km ³)	有机碳 (%)	氯仿 A (ppm)	总烃 (ppm)	S ₁ +S ₂ (kg/t)	
准噶尔	P ₂	86 777	373.94	3 247.5	2.46	1 674	374.8	9.35	I ₁ —II ₂
	P ₁	53 340	152.84	8 153	1.30	1 340	498	6.77	II ₁
	P ₀	53 756	168.47	9 055	0.86	721	648	6.32	I
塔里木	P	365 054	291.6	106 465	1.12	700	207.5		II
	C	399 568	596.5	238 342	1.12	700	207.5		II
南华北	P				1.10	165	68.6		II ₂ —II
	C				2.10	235.5	100.7		II ₂ —II

长期以来,人们曾将成煤与成油视为两个不同过程的产物,“成煤不能成油”的观点迄今还束缚着某些石油地质学家的思维。虽然从母源输入、沉积环境和成矿产状等方面二者有较大差异,但其间确实也存在许多内在的联系。从大的沉积环境分布看来,成煤和成油环境往往是过渡关系,在沼泽相带有利成煤,一旦进入深水—半深水沉积则有利于成油。从母源输入的显微组成研究业已表明,煤系中的壳质组和基质镜质体组分在还原条件下,经热力作用即可成油成气。国内外这种实例较多,如澳大利亚的吉普斯兰盆地、库柏盆地,中国的吐鲁番盆地等都基本上属煤和油气共生。

中国西部的一些陆台盆地中,石炭—二叠纪沉积了良好的源岩层,如准噶尔盆地二叠纪有效源岩分布面积 5×10^4 — 8×10^4 km²,平均厚度 700m,生烃潜力 6—9kg/t,属腐泥型到过过渡型母质。我国著名的克拉玛依油田及东江油田均位于该盆地之西北部和东部,且以二叠系为主要源岩。

石炭—二叠系在塔里木、吐鲁番、陕甘宁、四川、华北等盆地均有分布,目前已在这些盆地的石炭—二叠层系中获得工业油气流。因此,上古生界也是我国具有较大油气潜力的一套层系。

第三节 中生代烃源岩发育特征及展布

自中生代印支运动以来到三叠纪末,海水进一步退出中国大陆,除台湾、西藏及华南局部地区外,我国绝大部分地区变成陆地。因此,自中生代以来,我国主要是陆相沉积,与这一时期世界其他地区广泛的海侵相反,中国中生代沉积以古生代及前古生代的地台或褶皱带作为不均一的古老基底。由于基底的差异沉降,形成一系列规模不等的沉积盆地,从而使中生代成为我国十分重要的一个成盆时期。在这些湖盆中形成一些面积大、水域深、持续沉降时间很长的陆相湖盆,湖中生长着大量水生生物和藻类,同时还有大量陆源有机物质经河流输入湖中,随同泥砂沉入湖底而埋藏堆积。随着沉积埋藏的不断进行,在各种地质营力作用下,沉积物中的分散有机物质经地聚作用形成干酪根,在热力作用下进一步发生热降解形成石油,从而使陆相沉积与海相沉积一样,生成大量的

石油和天然气。中国的实践已经证明，陆相地层中同样可以找到大型和特大型的油气田，松辽盆地、华北盆地及准噶尔诸盆地中陆相油气田的发现就是有力的佐证。

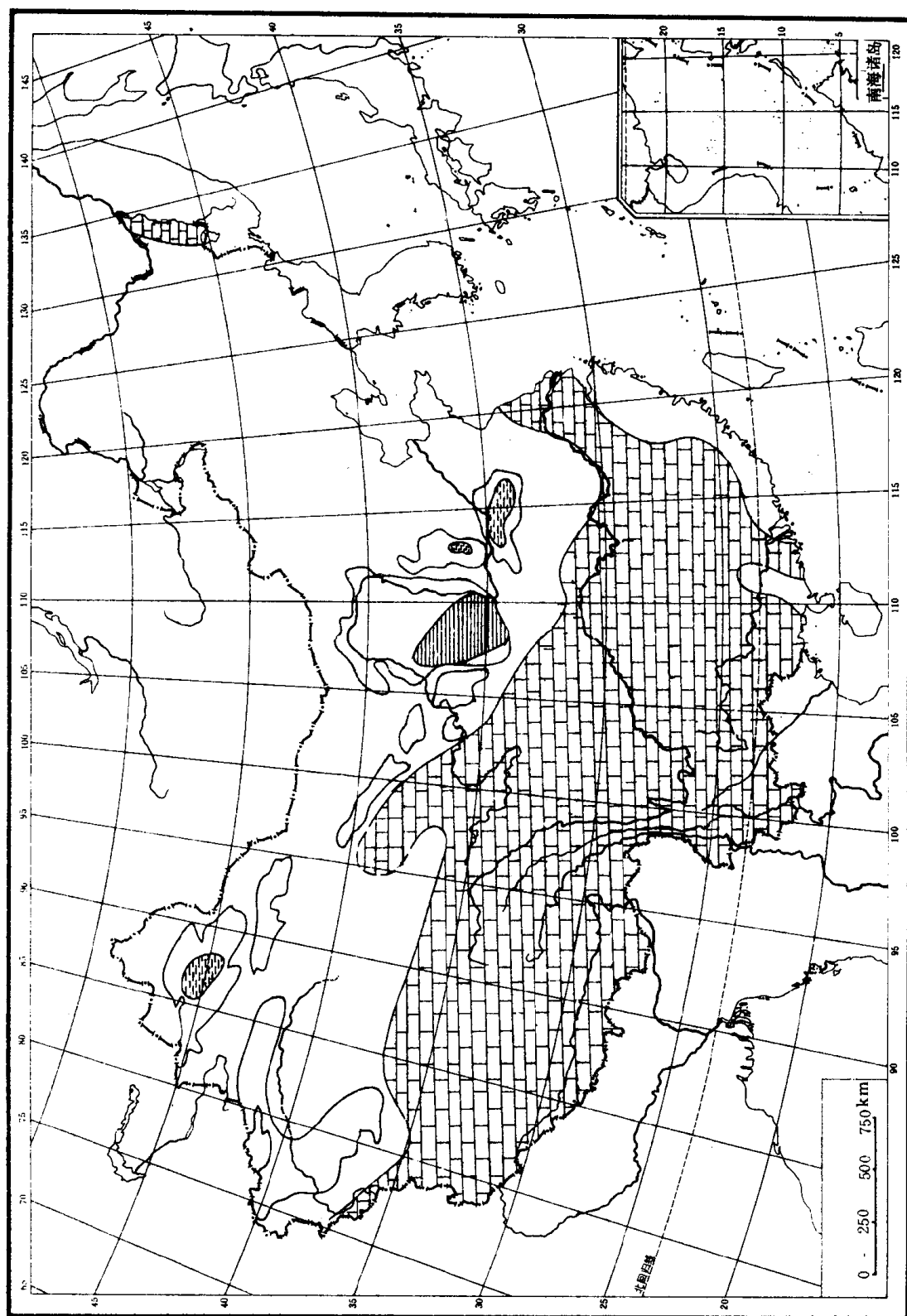
三叠纪早期，由于气候干燥，陆盆中以红色碎屑沉积为主。晚三叠世，气候温湿，生物繁茂，众多的成油和成煤陆盆广泛发育，如陕甘宁盆地、四川盆地和楚雄盆地在晚三叠世都具有良好的油气生成条件（见表 1-2）。在这些大型陆台盆地中，晚三叠世沉积了一套生油建造，如鄂尔多斯盆地晚三叠世有效生油岩累计厚达 244m，有机碳含量 1—2%，母质类型属Ⅱ—Ⅲ型，是该区中生界主要源岩层系。四川盆地晚三叠世地层分布面积近 $1.9 \times 10^5 \text{ km}^2$ ，有效源岩平均厚达 200m 以上，是一套与煤系相间的主要烃源层。另外在准噶尔、塔里木及楚雄等盆地中亦有相当规模的晚三叠世烃源岩分布，除楚雄盆地外，一般均已获得工业性油气流。因此，上三叠统仍然是我国重要源岩层系之一（见图 1-2）。

表 1-2 中国晚三叠世生油资料表

盆地名称	地层时代	成熟生油岩			有机质丰度				母质类型
		面积 (km ²)	厚度 (m)	体积 (km ³)	有机碳 (%)	氯仿 A (ppm)	总烃 (ppm)	S ₁ +S ₂ (kg/t)	
四川	T ₃	188 515	209.58	39 509	1.32	703	381.5	2.3	Ⅱ
楚雄	T ₃	34 524	591.40	20 419	0.95	101		1.7—2.8	Ⅱ
准噶尔	T ₃	95 088	120.47	11 455	1.32	643	257.3	1.97	Ⅰ—Ⅲ
塔里木	T ₃	269 919	138.35	51 180	1.02	351	155.0		Ⅱ
鄂尔多斯	T ₃ y ₅	46 408	26.26	1 219	1.00	897	350.0		Ⅱ
	T ₃ y ₄	85 807	56.06	4 810	1.00	1 048	350.0		Ⅱ
	T ₃ y ₃	91 358	103.00	9 410	2.00	2 277	1 000.0		Ⅱ ₂
	T ₃ y ₃	89 827	58.42	5 248	2.00	1 589	1 000.0		Ⅱ ₂

早、中侏罗世继承了晚三叠世的古气候特点，湖沼发育，生物繁茂，尤以高等植物为丰，从而形成我国中生界又一重要成煤时期。与此同时，在一些大型陆台盆地及西北众多的山前拗陷和山间盆地中，出现了煤与油共生的沉积层系，或是纵向上两者交替出现，或是横向上彼此岩性过渡，如吐鲁番侏罗系便是煤与油共生点最好的例证。在四川盆地西北部、柴达木盆地冷湖断陷和塔里木盆地库东凹陷，中、下侏罗统都具有一定的生油条件（见表 1-3），且均获得工业性油气流或找到油气田。

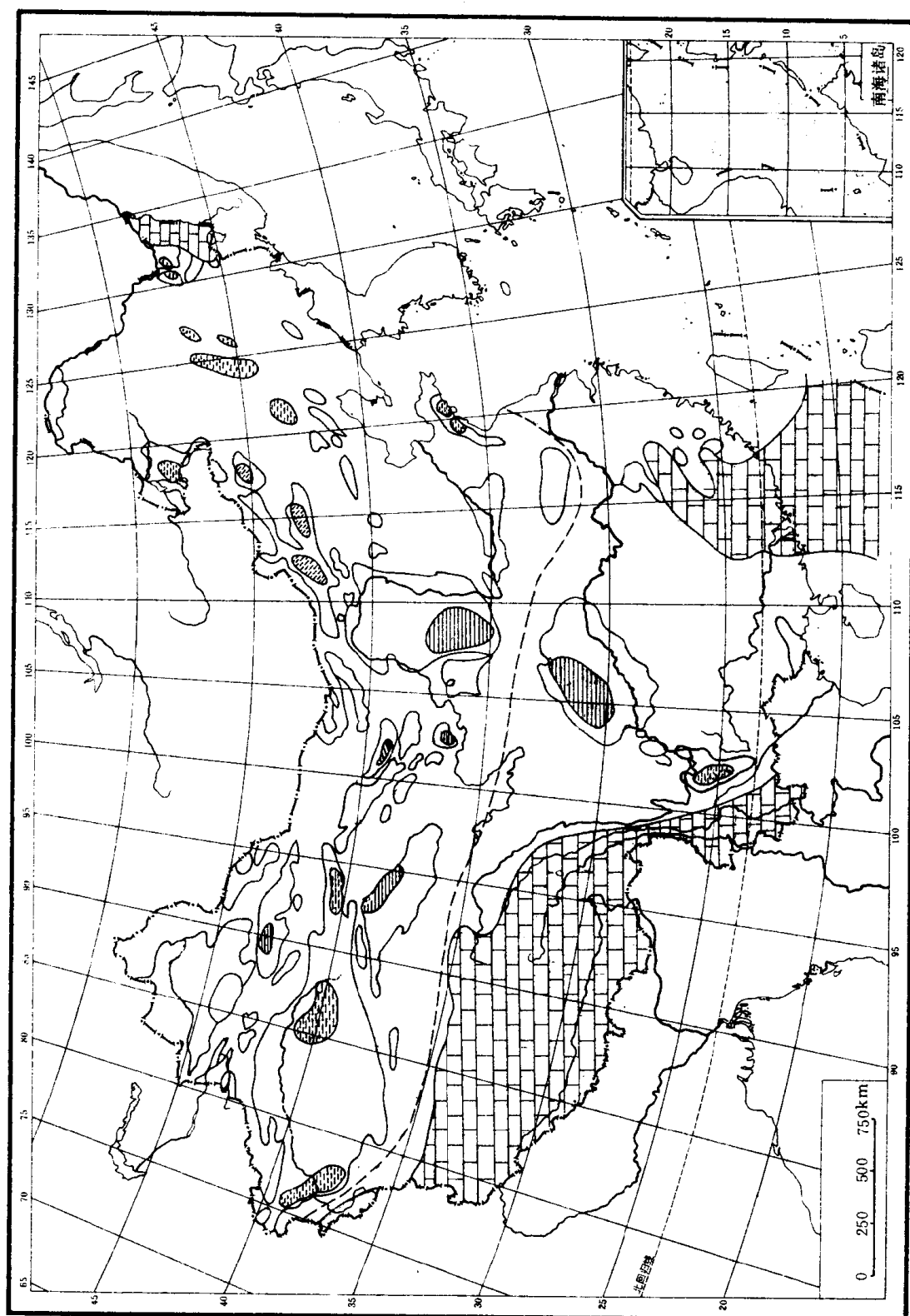
尽管中国侏罗纪分布范围比较广泛（见图 1-3），源岩比较发育，除鄂尔多斯盆地外，一般成熟源岩平均厚度都在 200—300m 以上，有机质含量也十分丰富，有机碳一般都在 1.50% 以上，但由于其一般属沼泽环境，母源输入以高等植物为主，母质类型以腐殖型（Ⅲ型）为主，生油能力较差，目前在套层系中已发现的多为小型油田。但该套层系以产气为主，是很好的气源层系，具有良好的找气前景。



本图上中国疆域系按中华人民共和国出版 1989 年
出版的 1:400 万《中华人民共和国地质图》编制。

图 1-2 中国三叠系陆相源岩分布示意图

(据盛志伟资料)



本图系根据地质部地质研究所编《中国地质志》(1969年)等资料编制，比例尺1:400万。(注：本图仅供参考，不作为法律依据。)

图 1-3 中国元古宙陆相源岩分布示意图

表 1-3 中国侏罗纪生油资料表

盆地名称	地层时代	成熟生油岩			有机质丰度				母质类型
		面积 (km ²)	厚度 (m)	体积 (km ³)	有机碳 (%)	氯仿 A (ppm)	总烃 (ppm)	S ₁ +S ₂ (kg/t)	
松辽	J _i	23 608	295.40	6 973	2.50	680	299		I—II
阜新	J	410	293.20	120	2.33	1 025	2 133		
准噶尔	J _{1s}	98 965	157.89	15 626	1.53	418	220.5	2.29	II ₂
塔里木	J	218 786	199.02	43 542	1.41	685	348.8	1.90	
鄂尔多斯	J _{1y} ⁶⁻⁹	87 357	38.49	3 363	2.50	859	266		III
柴达木北缘	J	2 838	167	473	1.73	578	185.3		I—II
吐鲁番	J	3 105	300	932	1.34	793			
花海	J _{3c}	521	206.18	108	2.50	834	567		I
潮水	J	1 737	390	677					

白垩纪时期生油层的分布明显受古气候分带的影响和控制,中国祁连山—秦岭—桐柏山纬向构造带以北(包括蒙古宗巴音及原苏联费尔干纳),该带早、中白垩世处于潮湿—半潮湿气候,淡水及微咸水湖泊发育,水生生物繁茂,浮游生物及藻类尤丰,从而使该线以北在早、中白垩世时期各湖盆沉积了一套良好生油建造。从中国松辽盆地、二连盆地、蒙古宗巴音盆地、酒泉盆地直到原苏联的费尔干纳盆地都在中、下白垩统中发现了规模不等的大、中型油气田。该线以南,中国白垩系多为红层。值得注意的是,中国早、中白垩世古气候的南、北分带间似乎存在一个过渡带,它既不同于北部潮湿带,又不同于南部干燥气候带,如南华北的周口盆地即属这一类型。在该区下白垩统中已发现少量工业油气流。

中国白垩系源岩层的展布及生油母质的丰度及类型也明显受古气候带的影响(见表 1-4)。松辽、二连及酒西生油母质基本上以腐泥型和腐殖-腐泥型为主,生油潜力较大,一般都大于 4kg/t,松辽最大可达 21.49kg/t。然而中国南部白垩系几无生油层分布,即使处于干燥寒冷过渡气候的周口盆地生油条件也明显较北部潮湿带为差。因此,中国白垩系的生油有利区带看来都集中于祁连山—秦岭—桐柏山以北(见图 1-4)。

表 1-4 中国白垩纪生油资料表

盆地名称	地层时代	成熟生油岩			有机质丰度				母质类型
		面积 (km ²)	厚度 (m)	体积 (km ³)	有机碳 (%)	氯仿 A (ppm)	总烃 (ppm)	S ₁ +S ₂ (kg/t)	
松辽	K _{1n1}	31 275	75.37	2 376	2.21	2 181	1 761	21.49	I
	K _{1qn} ²⁺³	37 275	152.74	5 694	1.00	693	589	5.27	II ₁
	K _{1qn1}	43 263	49.01	2 120	2.60	3 544	2 554	13.23	I
二连马东 赛汉塔拉 额仁淖尔	K _{1b1}	3 414	726.3	2 480	1.84	709	589	4.17	II ₂
	K _{1b2}	2 037	260.50	601	1.44	1 285	1 038	4.09	II ₂
	K _{1b}	825	442.57	265	0.93	641	460	4.12	II ₁
塔里木	K	26 158	55.96	1 464	0.17	90	45		
酒西	K _{1x2}	681	227	154	0.54	204	150		II ₁
	K _{1x1}	834	507	423	0.93	413	204		I—II ₁
周口盆地	K ₁	2 365	909	1 936	0.99	104	4.5	0.16	II ₂ —III

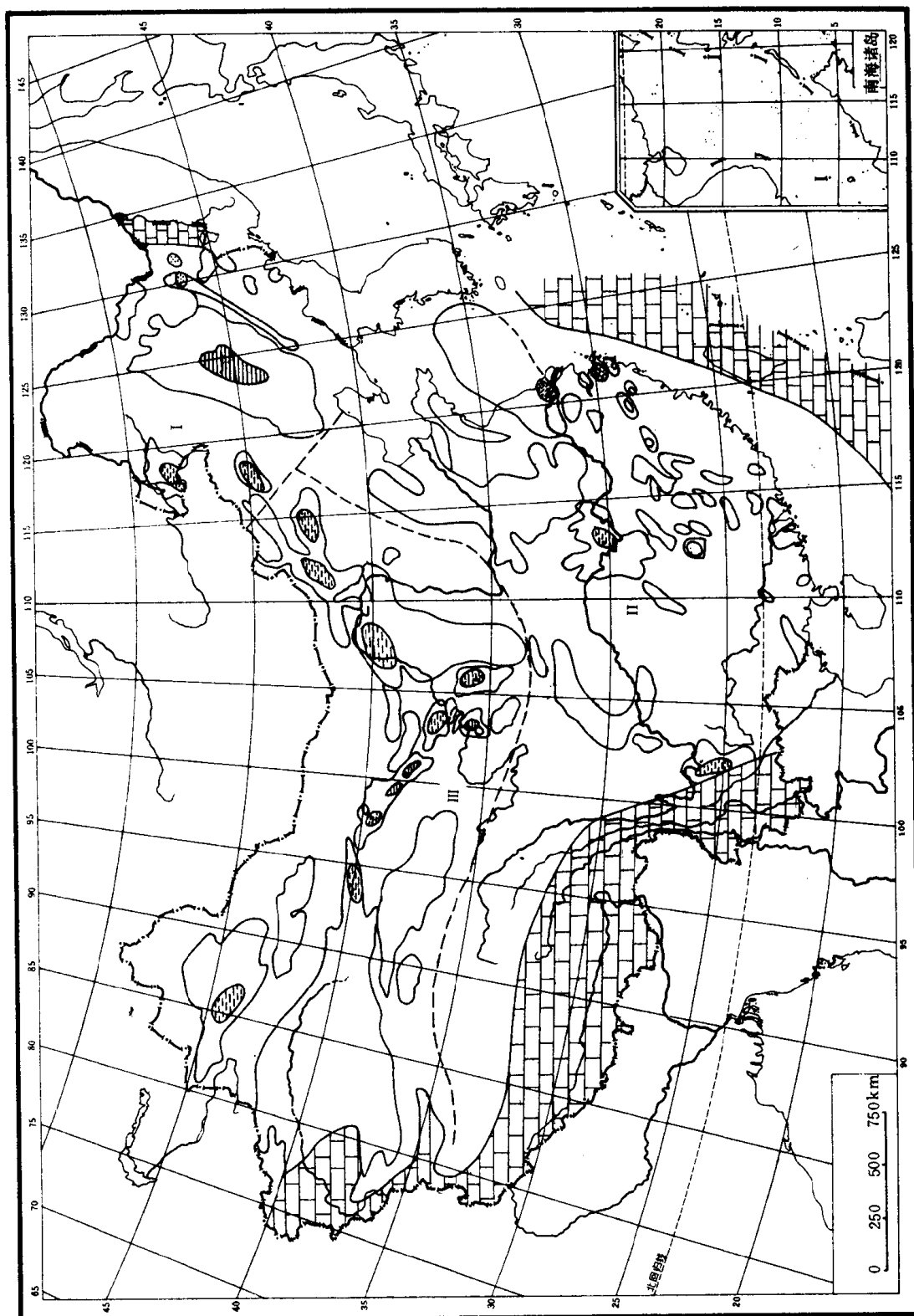


图 1-4 中国下白垩统陆相源岩分布示意图
I. 潮湿温暖带; II. 华南干旱亚热带; III. 半干旱半潮湿亚热带