

张景廉 著

论石油的无机成因

LUN SHIYOU DE WUJI CHENGYIN



石油工业出版社

论石油的无机成因

张景廉 著

石油工业出版社

On the Inorganic Origin of Petroleum

Zhang Jinglian

Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书全面论述已经争论了 100 多年的石油成因理论。全书共 4 篇 20 章及附录。从 Connan 的时间—温度关系、Tissot 的生油门限、煤成油、碳酸盐岩烃源岩、油气资源量计算、碳同位素等方面讨论了有机生油论的困惑;从油气与古隆起、深大断裂、膏盐、金属矿床的相互关系论述了油气矿床生成的地质环境;从原油中的微量元素,铅、铋、钨同位素,有机硅化合物的研究提出了无机油气生成模式。并对无机油气成因论在油气勘探战术、战略中的应用也作了讨论。

本书可作为油气地质、地球化学专业的科研人员及大专院校的研究生学习参考,对固体地球化学工作者也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

论石油的无机成因 / 张景廉著 .

北京:石油工业出版社,2001.6

ISBN 7-5021-3369-0

I. 论…

II. 张…

III. 无机生油—研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 24895 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 20.25 印张 515 千字 印 1—1200

2001 年 6 月北京第 1 版 2001 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3369-0/TE·2526

定价: 36.00 元

自序

油气成因似乎是一个已经解决的问题,可是一但涉及到无机成因油气,则似乎又“讳莫如深”,或被视作“离经叛道”。在中国地质学发展史中,构造学派五彩缤纷,李四光、张文佑、黄汲清、陈国达、张伯声、马杏垣等均各领风骚;在矿床学领域,一个金矿的成因也可各抒己见,什么岩浆论、热液论、层控论等等,五光十色,大家都习以为常。唯独在油气地质界,你想讲油气无机成因便被认作“大逆不道”。

油气成因是一个十分复杂的系统工程,它需要多方面的研究、论证。但目前却存在这样的通病,就是洋人说什么,我们信什么。

但我们确实有过“辉煌”,我们硬是没有理睬洋人“海相生油”的理论,而一步一个脚印地实践着“陆相生油”。如果说潘钟祥先生在 1941 年 AAPG 会刊上发表的“陆相地层也能生油”仅是一个“星星之火”,那么 20 世纪 50 年代李四光先生则是让这一星星之火燃成燎原之势的奇才,诚然,除了学识根基以外,还因为李四光是当时的地质部部长,是党中央的高级科技智囊团的顶尖人物。但是同样令人钦佩的是,那时的决策是顶时风、反潮流的!

今天,陆相有机论统治了中国 40 余年,我们自豪过,骄傲过,我们也由此而跨进了世界石油大国行列;但我们也困惑过,沮丧过,自 1993 年起我们终于不得不又过上靠洋油(部分)的日子,为什么?

如果我们说,尚未被人们认识的地球化学“潜在信息”还很多,那么,沉积有机质,原油,沥青中的铅(Pb)、锶(Sr)、钕(Nd)同位素便是我们需深入研究的地球化学隐信息和全息。随着同位素质谱技术的发展,随着 Pb、Sr、Nd 同位素地球化学理论的日臻完善,随着金属有机络合物的热力学性质的不断深化,我们相信,Pb、Sr、Nd 同位素终将在解决石油成因之谜中发挥不可替代的作用,而油气的无机成因理论也终将在 21 世纪的油气勘探中发挥越来越大的作用。

面对如此无法回避而又不能明确回答的问题,我们为什么不能对无机生油的新思想给予哪怕是一点点的支持和扶植呢?

写完这本书,我觉得有必要把一些情况告诉关心此书的朋友。

我于 1964 年毕业于北京中国科学技术大学地球化学系,师从中国科学院地质研究所的叶连俊、孙枢、陈其英先生,孙枢先生治学严谨给了我相当大的影响。我当时的毕业论文是“四川绵竹、什邡泥盆系沉积岩的有机地球化学”,这可能是中国有机地球化学界的第一篇有机地球化学论文。

大学毕业后从事铀矿地质地球化学勘察,一干就是 16 年。直到 1980 年,经单林教授推荐到华东地质学院从事铀矿地球化学、铀矿地球化学热力学的教学与研究。其间周鲁民先生给予我莫大帮助。1983 年通过教委 EPT 考试,于 1984 年公费到加拿大 Univ. of Regina 作为期 2 年多的访问研究。在加拿大期间,与加拿大教授 Parslow G. R.,英国教授 Garskath J. W. 合作完成了专著《Geochemistry of Annal Lake Area》;同时也完成了《铀矿物——溶液平衡》一书的编写提纲及初稿。

1991 年 4 月经金钟超先生介绍,调入中国石油天然气总公司西北地质研究所,这是一个

完全陌生的领域。同年8月,中国科学院兰州地质研究所气体地球化学国家实验室在西北地质研究所召开“国际气体地球化学学术讨论会”,当时的大会主席徐永昌先生安排我作一个发言。讲完后,中国海洋石油总公司南海西部公司的张泉兴先生找我,问我是哪个单位的,怎么以前没听说过我,还说我把有机地球化学的老底均抖了出来等等,我如实告诉他,我搞油气才4个月,但我读了10多本书、几百篇中、英文文献,正是对这些内容进行了批判性地吸收,才提出了令有机地球化学家困惑(puzzling)的8个问题。

1992年5月在广州召开的第5次全国有机地球化学会议上,中国海洋石油总公司的张景龙先生约我一起到中国科学院广州地球化学所看望中国科学技术大学的老同学朱炳泉先生,我们自毕业后28年从未见过面,偶有书信来往,在那里我向朱炳泉提出一个问题:“有没有办法测定石油生成的年龄?”他思索了一会,说“沥青可以试试”,并拟定了用U-Pb, Pb-Pb方法测定。就这样,我们开始了艰苦的油气成因的探索。

这期间还有一件需要提及的事是:1992年8月我有机会参加了在北京昌平石油大学由石油情报所李昭仁、胡文海教授主持的“无花岗岩型盆地研讨会”,他们邀请俄罗斯学者沃里沃夫斯基博士来京讲述这方面的进展,他所介绍的新的地壳结构模型给了我极大启示,中地壳的低速、高导层以及其中的费-托合成生烃的模式大大拓宽了我对油气成因的认识。1994年,西北地质研究所又邀请了萨尔基索夫博士来兰州作为期半年的指导性研究,与萨尔基索夫的交谈更使我受益匪浅。1995年应中国科学院兰州地质所所长王先彬之邀,美国康乃尔大学Gold教授到兰州讲学,我们就广泛领域交换了认识。

上述这些外来因素使我对原油、沥青、干酪根的Pb、Sr、Nd同位素研究步伐大大加快,而这些数据的获得更增强了无机油气理论的研究,面对国内有机理论权威的强大压力,我们必须脚踏实地,励精图治,要有“十年磨一剑”的坚韧不拔精神,以及无私无畏的气概。终于,在1992年以来的10年间,我发表了50多篇论文,也就是说,仅有Pb、Sr、Nd同位素证据还是不够的,必须拓宽视野,涉及油气地质、地球化学各个领域,力所能及地阅读大量中、英文文献,这便构成了本书的4篇20章。

第1篇“有机生烃论的困惑”,分6章。这是我从事油气地球化学10年中所感到困惑的问题。本书以论Connan的 $t-T$ 关系的讨论作为第1章,这是个带根本性的问题,可是当对Connan的时间 t 、温度 T 、一级反应活化能、催化剂等进行讨论时,发现Connan的 $t-T$ 关系不能应用到油气地球化学上,不能应用于有机质的演化生烃过程,目前的油气热模拟实验也就不能解释Tissot等的油气生成过程。第2章,对生油(气)门限进行评述,热液烃的不断发现表明了油气是在更高温度下生成的;而低熟、未熟油,生物-热催化过渡带气则是主观臆造的产物;事实上,Tissot等的“生油(气)门限”本不存在。第3章,对当今的热点“煤成油”提出了质疑,有资料表明:澳大利亚吉普斯兰盆地、中国吐哈盆地、中国其他含煤盆地等的原油均不是煤岩所生成,所谓的煤成油理论不能用以指导勘探实践。第4章,论述了碳酸盐岩不是烃源岩,并从另外的角度讨论了碳酸盐岩与油气共生的情况。第5章,对当前油气资源量计算中的种种问题分别作了评述。第6章,从诸多方面表明了碳同位素不是油气物源可靠的示踪剂。

第2篇“油气矿床形成的地质环境”,分6章。毛泽东同志曾有一个著名的论述,就是要研究人的社会性,这是至理名言。叶连俊院士1964年曾对在中国科学院地质所作毕业论文的北京中国科技大学学生讲:“要研究元素的社会性”。本篇研究“油气矿床形成的地质环境”,便是

遵照上述思想进行的。第7章、第8章表明油气与盆地古隆起、深大断裂有关,而第9章、第10章、第11章,则从多个侧面讨论了油气与金属、非金属、特别是膏盐矿、白云岩化十分密切的关系。第12章,从含油气盆地的地质特征,特别是盆地深部地壳的无花岗岩型特征是油气生成的根本原因,在地球物理勘探资料上,则显示为低速、高导的特征。

第3篇为“无机成因油气的探索”,分5章。在第1篇、第2篇的基础上,当有机生油论存在种种困惑问题时,而油气的地质环境似乎更多地表明油气来源于深部,这便促使作者对油气的无机生成进行一些探索性研究。第13章,对天然气的无机成因作了综述,指出了当前判识无机成因天然气的地球化学指标有诸多不确定性,需结合地质实践才能科学判识。第14章,从原油、沥青中的微量元素论述了原油的无机成因,随着研究的深入,这方面的证据会更多,讨论将更加充分。第15章,是本书最精彩的部分,这是几年来作者与中国科学院广州地球化学所朱炳泉研究员合作的成果。辽河油田原油中有机质的Pb、Sr、Nd同位素以及微量元素均证明原油更多的是壳—幔相互作用的产物,第三系沉积岩没有参与成烃过程。克拉玛依乌尔禾沥青的Pb、Sr、Nd同位素表明了原油物质来源于上地幔,为板块碰撞的产物。塔里木盆地沥青、干酪根的Pb、Sr、Nd同位素更表明了原油源于深部地壳,而寒武、奥陶系的沉积岩同样没有参与生烃过程。第16章,对胜利油田孤岛油田、辽河油田原油的有机硅化合物的鉴定与发现再次证明了原油生成的深部地质环境。第17章,从第14章、第15章、第16章出发,结合第1篇、第2篇的论述,形成了一个崭新的油气生成模式,这个模式表明:油气的生成离不开地幔流体,油气一方面是地幔脱气作用及费—托合成生成;另一方面则是壳幔相互作用的结果,有机质加氢作用得益于地幔流体的 H_2 ,这一模式较好地解释了油气与膏盐、金属矿床等共生的地质现象。

第4篇“油气无机成因论与勘探实践”,分3章。这是从无机论的角度讨论油气勘探新的领域及新靶区,也可以理解为无机油气成因理论的实践应用。第18章,讨论的是油气勘探战术,应加强深部油气藏的勘探——古潜山(基岩)油气藏、盐下油气藏及与深大断裂有关的油气藏;并对天然气水合物作了论述。第19章,从欧亚大陆大、中型油气田的分布规律,讨论了21世纪中国油气勘探的战略原则。笔者以为古亚洲构造域中的准噶尔陆块、中蒙古陆块、佳木斯陆块当是未来勘探的战略重点,尤其是中蒙古陆块。第20章是结束语,并对生命起源作了简要讨论。

最后是附录,其中收录了:森林大火可能与天然气有关;生物礁与油气田、金属矿床相互关系讨论;原油、天然气、煤及膏盐中的硫同位素地球化学。由于不太成熟,作为附录供有兴趣的学者、读者参考。

附录4则是笔者自1992年以来关于原油生成年龄及成因的若干论述(目录),共计54篇,供有兴趣者查阅。本书的部分内容取材于这些论文。

如所周知,国内外关于无机生油的论述也不少(关于这部分,本书在第17章进行了详细评述),但象本书这样全面系统地论述有机论的不足、弊端,全面系统地拿出无机论的证据并加以深入讨论的专著尚不多,可以说,这是迄今为止最为全面讨论油气成因的专著。

由此看来,我的跨专业从事研究的经历表明了学科之间的交叉、渗透可能是很重要的。

本书的完成与出版,我特别感谢中国石油天然气集团公司西北地质研究所所长刘全新教

授的大力支持,没有他的支持与鼓励,完成本书的编写是不可能的。

我还要感谢中国科学院贵阳地球化学所名誉所长、中国科学院院士欧阳自远研究员,中国科学院兰州地质研究所所长、气体地球化学国家重点实验室主任王先彬研究员,成都理工学院罗志立教授,中国新星石油公司勘探开发规划研究院总工程师张抗教授,他们极力推荐此书的出版并对书中的部分章节提出宝贵的修改建议。

我要感谢一直支持并关注我的工作的中国石油天然气集团公司石油勘探开发科学研究院的张恺教授、宋建国教授、朱抱荃高级工程师,国家地震局地质研究所刘若新研究员,核工业部北京铀矿地质研究院杜乐天教授,中国科学院地质研究所周新华研究员,中国科学技术大学支霞臣教授。我要特别感谢中国石油天然气集团公司石油地球物理勘探局的李庆忠院士,我们之间有过多次通信及电话联系,他给了我极大的启发与支持。原中国石油天然气集团公司科技局局长石宝珩教授在多个场合支持我的研究,西北地质研究所已故所长于文铎教授支持我的课题立项,使我的科研工作得以开展,我深表感谢。1993年以来,在野外工作中得到了新疆石油管理局采油三厂张景珏先生,塔里木石油勘探开发指挥部的李良辰教授、梁狄刚教授、贾承造教授,辽河石油勘探局总地质师陈义贤教授、勘探处廖兴明教授、勘探开发研究院朴明植、肖乾华、李金有、梁鸿德、王辉等先生的大力帮助。这里需要十分感谢著名石油地质学家、石油大学张厚福教授对本书编写提纲提出了很好的建议;北京中国地质大学李明诚教授对本书的写作也十分关心,我对这两位大学教授表示诚挚的谢意。

我还要感谢原中国石油天然气集团公司石油信息研究所所长李昭仁教授,他不仅推荐我的论文发表,还给我以极大的勇气进行油气成因理论的探讨。中国石油天然气集团公司石油信息研究所的任俞女士十分关心我的工作,经常寄来俄文译稿,这是特别要致谢的。

中国科学院兰州地质研究所的王先彬教授给我提供多次机会,使我有向地学前辈及同仁阐述油气成因研究的诸多进展。我要感谢中国石油天然气集团公司石油勘探开发科学研究院副总地质师宋建国教授,他邀请我于1998年4月6日在北京该院作了题为“中国含油气盆地无机成因油气”的学术报告,使我有机会与到会的20位专家、学者进行了广泛的讨论。

2000年5月底,石油大学(北京)副校长,973项目首席科学家金之钧教授来函邀请我在10月到北京就无机作用对油气藏影响进行学术交流,对这一热情邀请,我是要特别感谢的。

这里还要特别感谢自1993年以来与我合作的中国科学院广州地球化学所的朱炳泉教授,本书第15章、第19章便是我们合作的结晶,也是本书的精彩篇章,他的扎实根底、渊博知识、独到的创新思维给了我极大影响,本书的一些观点便源于他的思想。

中国科学院兰州化学物理所张世英先生在原油中发现了有机硅化合物,对石油的无机成因进行了不懈探索,本书第16章是我们合作的成果。

在本书编写过程中,中国石油天然气集团公司油气地球化学重点实验室王大锐博士不时为我提供各种资料及信息,这也是需要感谢的。

我还要感谢这些年来顶住各方压力、勇于刊登我的论文的一些杂志,他们是:《中国科学》、《科学通报》、《地质科学》、《新疆石油地质》、《海相油气地质》、《石油与天然气地质》、《石油实验地质》、《地球科学进展》、《China Oil & Gas》等等,这些杂志编辑认真细致的工作作风给我留下了深刻印象。

毛泽东同志读了高二适先生的《兰亭序的真伪驳议》一文(此文由章士钊先生转呈毛泽东,文中对郭沫若的观点提出异议)后,致函郭沫若,赞成发表高二适文,并认为:“笔墨官司,有比无好”。这与毛泽东同志一贯提倡“百花齐放,百家争鸣”的观点是完全一致的。妙就妙在“有比无好”,“无”则死水一潭,没有发展;“有”才能促进发展,才有生机。

张景廉

于兰州西北地质研究所

2000年8月31日



作者简介

张景廉，生于1941年，江苏常熟人。1964年毕业于北京中国科学技术大学地球化学系。曾先后在核工业部从事铀矿地球化学勘探与研究(1964—1980)；华东地质学院从事铀矿地球化学、热力学教学与研究(1980—1991)。1984年6月至1986年8月赴加拿大里贾那大学进行访问研究。1991年调入中国石油天然气集团公司西北地质研究所从事油气地球化学研究。自1993年开始，与朱炳泉研究员合作，在国际上首次发现了原油无机成因的铅、锶、钕同位素和微量元素证据，从而开始了油气无机成因研究的艰难探索。1992年以来，在《中国科学》、《科学通报》等刊物上发表了关于油气成因的论文50余篇、著作有《辽河断陷原油生成环境与演化》(与陈义贤、朱炳泉合著，1999)等。

目 录

第 1 篇 有机生烃论的困惑

第 1 章 论 Connan 的时间—温度关系	(3)
1.1 Connan 的时间—温度关系	(3)
1.2 Connan 的时间—温度关系质疑	(4)
1.3 讨论和结论	(7)
参考文献	(9)
第 2 章 论生油(气)门限	(11)
2.1 热液烃的地质分布	(11)
2.2 热液烃生成的理论考虑及机理	(16)
2.3 讨论	(18)
2.4 低熟、未熟油气的“发现”	(19)
2.5 结论	(19)
参考文献	(20)
第 3 章 中国侏罗系煤成油质疑	(24)
3.1 吉普斯兰盆地的原油是煤成油吗?	(26)
3.2 吐哈盆地的原油是煤成油吗?	(27)
3.3 中国其他含煤盆地的原油是煤成油吗?	(29)
3.4 关于煤的热解模拟实验	(31)
3.5 结论	(33)
参考文献	(34)
第 4 章 碳酸盐岩是不是烃源岩	(38)
4.1 碳酸盐岩有机质丰度	(39)
4.2 碳酸盐岩中的粘土矿物	(40)
4.3 碳酸盐岩中的晶包有机质	(41)
4.4 碳酸盐岩有机质类型	(41)
4.5 碳酸盐岩与蒸发岩系	(42)
4.6 碳酸盐岩与油气运移	(42)
4.7 讨论	(43)
参考文献	(45)
第 5 章 论油气资源量的计算	(48)
5.1 盆地生油(气)量的计算	(48)
5.2 油气资源量的计算	(54)
5.3 讨论	(59)
参考文献	(61)

第 6 章 碳同位素不是油气物源的示踪剂	(63)
6.1 碳同位素在自然界的分布	(63)
6.2 碳同位素异常现象	(65)
6.3 $\delta^{13}\text{C}-R_o$ 关系	(68)
6.4 热模拟实验与碳同位素	(68)
6.5 天然气运移过程中的碳同位素	(71)
6.6 岩石吸附烃的碳同位素	(74)
6.7 生物气的碳同位素	(75)
6.8 沉积有机质中的 $\delta^{13}\text{C}$ 逆转现象	(76)
6.9 植物硅酸体的碳同位素	(77)
6.10 讨论	(77)
参考文献	(79)

第 2 篇 油气矿床形成的地质环境

第 7 章 古隆起与大油气田的关系	(87)
7.1 盆地古隆起与天然气田(藏)	(87)
7.2 盆地古隆起的性质与时代	(89)
7.3 勘探方向讨论	(94)
参考文献	(94)
第 8 章 深大断裂与大油气田的关系	(97)
8.1 深大断裂与大油气田	(98)
8.2 讨论	(103)
参考文献	(103)
第 9 章 膏盐矿床与大油气田的关系	(106)
9.1 克拉通盆地的膏盐与油气	(107)
9.2 膏盐成因讨论	(110)
参考文献	(114)
第 10 章 油气与金属(非金属)矿床的相互关系	(116)
10.1 卤水与油气、金属(非金属)矿床关系	(117)
10.2 火山作用与油气、金属矿床	(118)
10.3 油气与金刚石	(119)
10.4 油气与汞关系	(119)
10.5 油气与金矿的关系	(122)
10.6 讨论	(123)
10.7 结语	(126)
参考文献	(126)
第 11 章 放射性物化探找油(气)机理探讨	(129)
11.1 地球化学方法勘查油气	(130)
11.2 油气藏上方放射性异常模式	(132)

11.3 放射性异常模式机理探讨·····	(134)
11.4 油气田与铀矿床共生·····	(138)
11.5 讨论·····	(139)
参考文献·····	(139)
第12章 含油气盆地地质特征 ·····	(143)
12.1 含油气盆地的火成岩分布·····	(143)
12.2 裂谷盆地与油气田关系·····	(145)
12.3 含油气盆地的深部地壳特征·····	(146)
12.4 上地幔隆起——盆地的幔流底辟构造·····	(153)
参考文献·····	(154)

第3篇 无机成因油气的探索

第13章 无机(非生物)成因天然气 ·····	(161)
13.1 无机成因二氧化碳气藏·····	(161)
13.2 幔源成因的氦气藏·····	(162)
13.3 无机成因的烃类气体·····	(163)
13.4 讨论·····	(164)
参考文献·····	(165)
第14章 原油中的微量元素地球化学 ·····	(167)
14.1 辽河油田原油的微量元素·····	(167)
14.2 塔里木盆地原油的微量元素·····	(170)
14.3 胜利油田原油中的金·····	(172)
14.4 讨论·····	(173)
参考文献·····	(173)
第15章 原油、沥青、干酪根的铅、铋、钕同位素体系 ·····	(175)
15.1 辽河油田有机质、原油的铅、铋、钕同位素体系 ·····	(175)
15.2 克拉玛依乌尔禾沥青的铅、铋、钕同位素体系·····	(187)
15.3 塔里木盆地干酪根、沥青的铅、铋、钕同位素体系 ·····	(192)
参考文献·····	(199)
第16章 原油中有机硅化合物的研究 ·····	(203)
16.1 实验部分·····	(203)
16.2 结果·····	(204)
16.3 讨论·····	(209)
参考文献·····	(211)
第17章 无机油气生成模式讨论 ·····	(213)
17.1 油气无机成因说的回顾·····	(214)
17.2 新的油气生成模式的提出·····	(228)
17.3 关于油气无机成因研究的思考·····	(230)
参考文献·····	(232)

第 4 篇 油气无机成因论与勘探实践

第 18 章 油气无机成因论与油气勘探战术	(241)
18.1 深部油气藏的勘探	(241)
18.2 天然气水合物的勘探——21 世纪的接替能源	(248)
参考文献	(252)
第 19 章 欧亚大陆大、中型油气田分布规律及中国油气勘探战略	(255)
19.1 欧亚大陆油气田分布(中国除外)	(256)
19.2 中国大陆大、中型油气田分布	(258)
19.3 制约大、中型油气田分布的控制因素	(261)
19.4 深源作用对油气生成制约的同位素证据	(263)
19.5 中国油气勘探战略	(264)
参考文献	(265)
第 20 章 结束语	(268)

附 录

附录 1 森林大火可能与天然气有关	(273)
附录 2 生物礁与油气田、金属矿床相互关系讨论	(277)
附录 3 原油、天然气、煤及膏盐中的硫同位素地球化学	(289)
附录 4 张景廉 1992 年以来关于原油生成年龄及成因的若干论述(目录)	(303)

Contents

SECTION 1 PUZZLED ORGANIC HYDROCARBON GENERATION THEORY

CHAPTER 1 ON CONNAN'S $t - T$ RELATION	(3)
1.1 Connan's $t - T$ relation	(3)
1.2 Question about Connan's $t - T$ relation	(4)
1.3 Discussion and conclusion	(7)
Reference	(9)
CHAPTER 2 ON THRESHOLD OF HYDROCARBON GENERATION	(11)
2.1 Geological occurrence of hydrothermal hydrocarbon	(11)
2.2 Theoretical consideration and mechanism of hydrothermal hydrocarbon	(16)
2.3 Discussion	(18)
2.4 Occurrence of low-maturity, immaturity petroleum	(19)
2.5 Conclusion	(19)
Reference	(20)
CHAPTER 3 QUESTION ABOUT JURASSIC COAL-DERIVED OIL IN CHINA	(24)
3.1 Is the oil in Gippsland Basin derived from the coal?	(26)
3.2 Is the oil in Turpan-Hami Basin derived from the coal?	(27)
3.3 Is the oil in coal-bearing basins of China derived from the coal?	(29)
3.4 Thermal simulation experiment of coal	(31)
3.5 Conclusion	(33)
Reference	(34)
CHAPTER 4 THE CARBONATE ROCK IS HYDROCARBON SOURCE ROCK OR NOT	(38)
4.1 Organic carbon content in carbonate rock	(39)
4.2 Clay minerals in carbonate rock	(40)
4.3 Crystal-packed organic matter in carbonate rock	(41)
4.4 Organic matter type of carbonate rock	(41)
4.5 Carbonate rocks and evaporites	(42)
4.6 Carbonate rocks and petroleum migration	(42)
4.7 Discussion	(43)
Reference	(45)

CHAPTER 5 ON THE CALCULATION OF PETROLEUM RESOURCE	(48)
5.1 The calculation of petroleum generation amount of the basin	(48)
5.2 The calculation of petroleum resource amount	(54)
5.3 Discussion	(59)
Reference	(61)
CHAPTER 6 CARBON ISOTOPE IS NOT A OIL-GAS SOURCE TRACER	(63)
6.1 The distribution of carbon isotope in nature	(63)
6.2 The anomalous carbon isotopes	(65)
6.3 The relation between $\delta^{13}\text{C}$ and R_o	(68)
6.4 Carbon isotopes in thermal simulation experiment	(68)
6.5 Carbon isotopes during gas migration	(71)
6.6 Carbon isotopes of the adsorbent hydrocarbon in the rocks	(74)
6.7 Carbon isotopes of biogenic gas	(75)
6.8 $\delta^{13}\text{C}$ reversal in the sedimentary organic matter	(76)
6.9 Carbon isotope fractionation in plant-silicon-acids	(77)
6.10 Discussion	(77)
Reference	(79)

SECTION 2 THE GEOLOGIC ENVIRONMENT OF PETROLEUM GENERATION

CHAPTER 7 THE RELATION BETWEEN THE PALEO-UPlift AND THE GIANT OIL-GAS FIELDS	(87)
7.1 The paleo-uplift of the basin and gas field (reservoir)	(87)
7.2 The features and time of the paleo-uplift	(89)
7.3 Discussion on the exploration target	(94)
Reference	(94)
CHAPTER 8 THE RELATION BETWEEN DEEP, LARGE FAULT AND THE GIANT OIL-GAS FIELD	(97)
8.1 The deep, large fault and the giant oil-gas field	(98)
8.2 Discussion	(103)
Reference	(103)
CHAPTER 9 THE RELATION BETWEEN GYPSUM-SALT DEPOSITS AND THE GIANT OIL-GAS FIELD	(106)
9.1 Gypsum-salt and oil-gas in the cratonic basin	(107)
9.2 Discussion on gypsum-salt origin	(110)
Reference	(114)

CHAPTER 10 THE RELATION BETWEEN PETROLEUM AND METAL

(NON-METAL) DEPOSITS	(116)
10.1 The relation between brines and petroleum, metal deposits	(117)
10.2 Volcanism and petroleum, metal deposits	(118)
10.3 Petroleum and diamond	(119)
10.4 The relation between petroleum and Hg	(119)
10.5 The relation between petroleum and Au	(122)
10.6 Discussion	(123)
10.7 Conclusion	(126)
Reference	(126)

CHAPTER 11 DISCUSSION ON PETROLEUM PROSPECTING MECHANISM BY

RADIOMETRIC METHOD	(129)
11.1 Geochemical methods in prospection for oil and gas	(130)
11.2 Radiometric anomalous model over oil reservoirs	(132)
11.3 Discussion on radiometric anomalous model	(134)
11.4 U deposit associates with oil reservoirs methods in prospection for oil and gas	(138)
11.5 Discussion	(139)
Reference	(139)

CHAPTER 12 THE GEOLOGIC CHARACTERISTICS OF PETROLEUM-

BEARING BASIN	(143)
12.1 Magmatic rock occurrence of the petroleum-bearing basin	(143)
12.2 The relation between rift basin and oil-gas fields	(145)
12.3 The deep crust features of the petroleum-bearing basin	(146)
12.4 The upper mantle rise	(153)
Reference	(154)

SECTION 3 DISCUSSION ON INORGANIC ORIGIN OF PETROLEUM

CHAPTER 13 THE INORGANIC (ABIOGENIC) ORIGIN OF NATURAL GAS

13.1 The inorganic origin CO ₂ gas reservoir	(161)
13.2 The mantle origin He gas reservoir	(162)
13.3 The inorganic origin hydrocarbon gas	(163)
13.4 Discussion	(164)
Reference	(165)

CHAPTER 14 GEOCHEMISTRY OF MINOR ELEMENTS IN CRUDE OILS