



中国地质大学(武汉)实验教学系列教材  
中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助

# 油气勘查与评价 实习指导书

YOUQI KANCHA YU PINGJIA SHIXI ZHIDAOSHU

刘昭茜  
曹 强  
黄耀琴

◎ 编 著



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材  
中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助

# 油气勘查与评价实习指导书

YOUQI KANCHA YU PINGJIA SHIXI ZHIDAOSHU

刘昭茜 曹 强 黄耀琴 编著

## 图书在版编目(CIP)数据

油气勘查与评价实习指导书/刘昭茜,曹强,黄耀琴编著. —武汉:中国地质大学出版社, 2014. 12

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

ISBN 978-7-5625-3584-3

I. ①油…

II. ①刘…②曹…③黄…

III. ①油气勘探-高等学校-教学参考资料②石油资源-评价-高等学校-教学参考资料③天然气资源-评价-高等学校-教学参考资料

IV. ①P618.130.8②TE155

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 289449 号

---

油气勘查与评价实习指导书

刘昭茜 曹 强 黄耀琴 编著

责任编辑:王 敏 张 琰

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮编:430074

电 话:(027)67883511

传 真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

Http://www.cugp.cug.edu.cn

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:205 千字 印张:8

版次:2014 年 12 月第 1 版

印次:2014 年 12 月第 1 次印刷

印刷:武汉市教文印刷厂

印数:1—1 000 册

---

ISBN 978-7-5625-3584-3

定价:20.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 前 言

油气勘查与评价是高等学校资源勘查工程专业(油气勘查方向)的专业主干课程,是在石油地质理论指导下阐明油气勘查和资源评价的相关理论、方法技术和部署决策等方面的综合应用课程。课程的设立旨在引导学生理解油气勘查中技术运用的宏观思想和资源评价中的科学决策观,传授油气勘查和资源评价的相关知识和理论,阐明油气勘查不同阶段中的技术手段运用和资源评价方法,培养学生发展油气勘查技术和建立油气资源评价理论的基本思想和能力,同时了解国内外油气资源状况以及勘查技术与资源评价的进展,增强油气勘查的责任感和使命感。

实践教学是巩固理论知识和加深对理论认识的有效途径,这也是地学类相关学科的统一特征。编写《油气勘查与评价实习指导书》主要目的是通过各类典型案例和实际数据分析计算帮助学生深刻理解油气勘查与评价的理论和方法,了解油气勘查的新进展、新动态、新技术,真正掌握盆地、区带、圈闭不同级别资源量和油气储量的计算及原理方法,以及油气勘探项目的经济评价方法。

实习指导书内容设置密切联系课程主体教学内容,主要包含全球油气资源前景分析和评价、盆地油气资源量的计算和评价、区带及圈闭油气资源量的计算和评价、油气储量分析和计算、非常规油气资源评价、预探项目经济评价、四川盆地及普光气田勘探案例分析、东海盆地及春晓油气田勘探案例分析、塔里木盆地及塔河油田、克拉气田勘探案例分析,共9个实习内容。

本书前言、实习一、实习五、实习七、实习九由刘昭茜编写,实习二、实习三、实习四、实习八由曹强编写,实习六由黄耀琴编写。全书由刘昭茜统稿。

本实习指导书的编写和出版得到中国地质大学(武汉)实验教材建设立项和经费资助;在本书的编写中,参考和引用了国内外大量的专著、教材、公开文献和内部研究资料;初稿完成后得到了梅廉夫、周江羽、叶加仁、石万忠等教授的审阅,提出了宝贵的修改意见。在此一并致谢!

本书可供选修油气勘查与评价课程的本科生和研究生教学实习使用。油气勘查与评价实习指导书涉及从石油地质理论和油气勘查理论到油气勘查和评价技术,以及勘查决策和经济评价等众多领域。编著者深感水平有限,在实习内容安排和阐述上难免有疏漏和不足之处,衷心欢迎读者批评指正。

编著者

2014年11月

# 目 录

|         |                              |       |
|---------|------------------------------|-------|
| 实习一     | 全球油气资源前景分析和评价 .....          | (1)   |
| 实习二     | 盆地油气资源量的计算和评价 .....          | (8)   |
| 实习三     | 区带及圈闭油气资源量的计算与评价 .....       | (12)  |
| 实习四     | 油气储量分析和计算 .....              | (15)  |
| 实习五     | 非常规油气资源评价 .....              | (19)  |
| 实习六     | 预探项目经济评价 .....               | (26)  |
| 实习七     | 勘探案例分析:四川盆地及普光气田 .....       | (37)  |
| 实习八     | 勘探案例分析:东海盆地及春晓油气田 .....      | (50)  |
| 实习九     | 勘探案例分析:塔里木盆地及塔河油田、克拉气田 ..... | (67)  |
| 主要参考文献  | .....                        | (84)  |
| 附 录     | .....                        | (88)  |
| 实习二、三附件 | 潮水盆地油气地质资料 .....             | (88)  |
| 苏北盆地 A  | 预探项目经济评价 .....               | (102) |

# 实习一 全球油气资源前景分析和评价

## 一、实习目的

了解全球油气资源分布的地理格局和地质格局,以及油气资源量状况、勘探前景和对策等,在油气勘查与评价课程学习的基础上进一步深入掌握油气勘查与评价的理论、方法。

## 二、实习内容和方法

油气是当代最重要的能源,自第二次世界大战后,随着石油在国民经济各个领域的广泛利用,它已成为一种重要的战略资源,为全球的工业发展带来了繁荣和兴旺。由于油气的这种重要作用,使它直接或间接地渗入到当今国际政治、经济文化之中并左右着它们的发展和变化。作为重要的战略资源,无论油气生产国还是消费国对油气资源的多少及分布状况都十分关注。

### 1. 全球(含中国)油气资源分布的地理格局

世界主要含油气区在地理上主要分布在北美地区、中东地区、俄罗斯、北非、西非、西北欧、中国、东南亚和南美北部等国家和地区。分布极不均匀,1/2 的大油气田储量来自中东地区,石油输出国组织(OPEC)成员国的大油气田储量要占大油气田总储量的一半以上,排在世界前 11 位的主要石油资源拥有国中就有 8 个是 OPEC 成员,分别是沙特阿拉伯、伊朗、伊拉克、阿拉伯联合酋长国、科威特、委内瑞拉、利比亚、尼日利亚。

世界油气资源分布情况按国家可以分为 5 级。

- (1)非常丰富:中东(沙特阿拉伯、伊拉克、科威特、伊朗、卡塔尔)。
- (2)丰富:前苏联,北美(美国、加拿大、墨西哥),南美(委内瑞拉)。
- (3)有一定油气资源:亚太(中国),欧洲(英国、挪威)。
- (4)石油产量一般:南美(印度),亚太(印尼、新加坡、马来西亚等)。
- (5)贫油国:德国,意大利,日本,北欧各国(瑞典、芬兰)。

自 20 世纪 80 年代末以来,美国地质调查所(USGS)先后开展了 5 轮世界油气资源评价工作。新一轮世界油气资源评价工作历时 5 年(1995—2000),按地理位置把世界划分为 8 个油气大区(图 1-1),即,前苏联、北非与中东、亚太、欧洲、北美、中南美、北非以南与南极洲以及南亚,包括了 96 个国家和 2 个联合区,涉及到 128 个地质省(图 1-2),划分出 159 个全含油气系统和 270 个评价单元。

中国含油气区在地理位置上可主要划分为 6 个大区,即,东部(包括东北、华北及江淮区),中部(包括陕、甘、宁及四川、重庆地区),西部(包括新疆、青海东部及河西走廊—阿拉善地区),南方,青藏,海域。



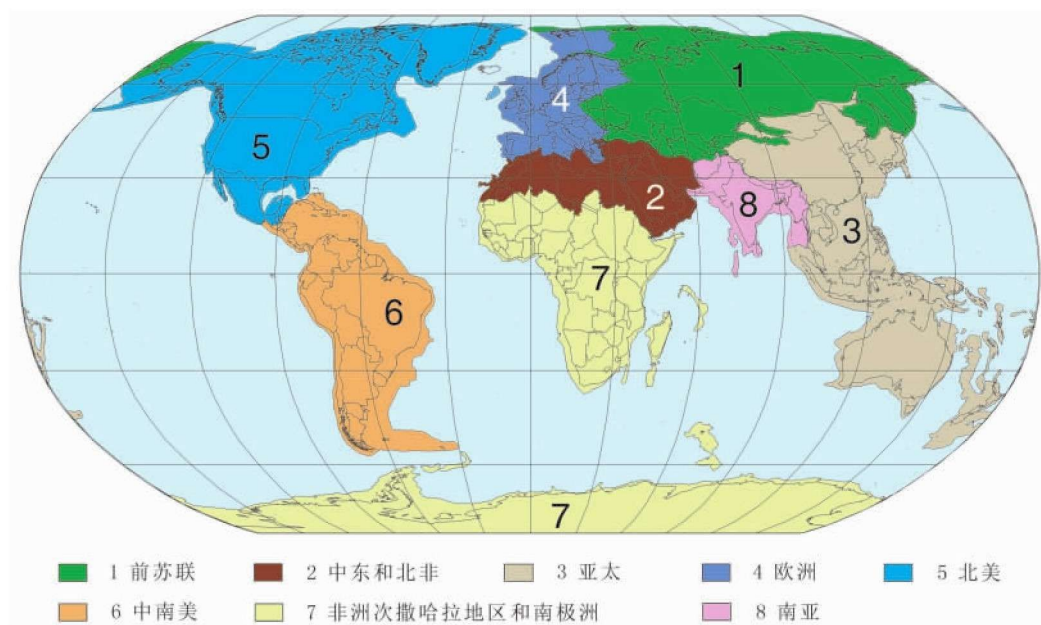


图 1-1 世界油气区域划分(USGS)

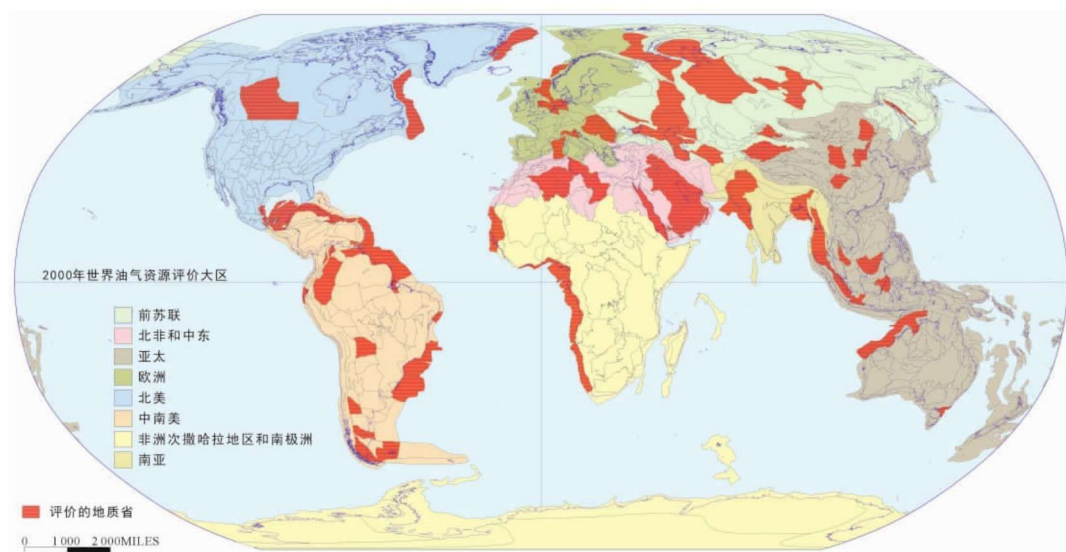


图 1-2 USGS/1995—2000 年世界油气资源评价区域(按地质省划分)

## 2. 全球(含中国)油气资源分布的地质格局

根据 Mann 提出的分类模式,全球大油气田所在盆地的大地构造背景可大致分为 6 类:  
 ①面向重要洋盆的被动大陆边缘(共 341 个大油气田);②大陆裂谷和上覆的坳陷(共 283 个大油气田);③由两个大陆最终碰撞形成的碰撞边缘(共 182 个大油气田);④与地体增生、岛弧碰

撞和(或)浅部俯冲有关的碰撞边缘(共 57 个大油气田);⑤走向滑动边缘(共 74 个大油气田);⑥未受重要岛弧或大陆碰撞影响的俯冲边缘(共 8 个大油气田)。

被动大陆边缘盆地、大陆裂谷盆地和陆-陆碰撞边缘盆地是寻找大油气田的有利盆地类型。面向重要洋盆的被动大陆边缘是最重要的大油气田大地构造背景,共拥有 36.08%的世界大油气田。大陆裂谷和上覆拗陷盆地是第二大类大油气田构造背景。其中位于大陆边缘或内部的衰退裂谷尤为重要。这类构造背景所拥有的大油气田要占世界大油气田总数的 29.95%。两个大陆之间的终端碰撞带及其伴生的前陆盆地是第三大类构造背景,拥有 19.26%的世界大油气田。其他类别的构造背景包括了与地体增生、岛弧碰撞和(或)浅部俯冲有关的碰撞边缘前陆盆地、走向滑动边缘的盆地及俯冲边缘的盆地,它们的重要性相对较小,所拥有的大油气田不超过世界总数的 15%。统计分析表明,在大洋开张早期和晚期形成的张性构造背景对大油气田的形成有重要意义。在全部 945 个大油气田中,裂谷和被动陆缘两类构造背景所拥有的大油气田要占 2/3。

富集油气聚集区的七大基本条件:①良好的盆地形成条件;②巨厚的生油层;③储层物性好、厚度大;④盖层厚而广泛,封闭好;⑤巨型的构造圈闭;⑥含油气系统配置最佳;⑦适中的板块构造作用强度。

中国大陆是由多陆块经多期拼合而成的,包括华北板块、扬子板块、塔里木-阿拉善板块,天山-兴蒙造山带、秦岭-大别造山带、华南褶皱造山带、青藏造山带,构造演化历史上受西伯利亚板块、太平洋板块、印度板块的影响,受古亚洲洋构造域、古特提斯构造域和滨太平洋构造域三大动力学体系的联合作用,形成了众多的叠合盆地。油气资源主要赋存在这些海、陆相叠合盆地中,主要分布在松辽、渤海湾、鄂尔多斯、四川、准噶尔、塔里木、珠江口、吐哈、柴达木等大型含油气盆地。石油多蕴藏在中、新生界中,天然气则以古生界为主。海域勘探层系多为古近系、新近系,陆域勘探层系在中国西部已逐渐从中—新生界向古生界发展,在中国东部勘探主力层系为中生界,古生界也已逐渐引起重视。

### 3. 全球油气资源状况

英国 BP 公司的《世界能源统计报告·2010》资料显示,至 2010 年底,全球累计石油探明储量约  $1\,888 \times 10^8 \text{ t}$ ,其中北美洲、中南美洲、欧洲及欧亚大陆、中东、非洲、亚太地区的石油探明储量分别为  $103 \times 10^8 \text{ t}$ 、 $343 \times 10^8 \text{ t}$ 、 $190 \times 10^8 \text{ t}$ 、 $1\,018 \times 10^8 \text{ t}$ 、 $174 \times 10^8 \text{ t}$ 、 $60 \times 10^8 \text{ t}$ ,中东地区占了全球石油探明储量的 53.9%;全球累计天然气探明储量约  $187.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,其中北美洲、中南美洲、欧洲及欧亚大陆、中东、非洲、亚太地区的天然气探明储量分别为  $9.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $7.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $63.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $75.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $14.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $16.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,天然气资源主要集中在中东地区和欧洲及欧亚大陆,其探明储量分别占全球的 40.5%和 33.7%,其余地区所占比例均低于 10%。

美国地质调查所(USGS)新一轮(1995—2000 年)世界油气资源评价的资源量包括待发现资源量、已知油气田储量增长潜量、剩余可采储量和累计产量。从 USGS 的世界油气资源评价结果看,世界油气资源分布极不均衡。待发现油气资源量主要分布前苏联、中东与北非地区。这两个大区待发现石油、天然气和天然气凝析液资源量分别占全球的 52%、56%和 65%。前苏联地区天然气资源量比中东与北非地区稍多,而中东与北非地区的石油和天然气凝析液资源量占有优势。中东、格陵兰陆架东北部、前苏联的西伯利亚和里海地区,以及非洲的尼日



尔和刚果三角洲等地区为待发现的石油资源量重要分布区。在格陵兰东北部和苏里南海域等许多没有重要油气生产史的地区证实有新的、重要的潜在石油资源。西伯利亚盆地、前苏联的巴伦支海和黑海陆架区、中东及挪威海上等地区为待发现的天然气资源重要分布区。在许多地区(如东西伯利亚和澳大利亚西北陆架)已有大油气田发现但仍未开发,这轮评价表明这些地区还可能具有大量的待发现的天然气资源。

在 2012 年 USGS 新发布的未发现常规资源的研究报告中,在世界 171 个优先评价的地质大区(不包括美国在内),未发现常规原油储量的均值为 5 650 亿桶,未发现常规天然气储量均值为  $158.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,未发现天然气液化物的储量平均为 166.668 亿桶。大约 75% 的未发现常规石油位于以下 4 个地区:南美和加勒比海、非洲次撒哈拉地区、中东和北非、北美的北极地区。除了以上 4 个地区,大量未发现常规天然气分布于世界其他地区。

1996—2003 年期间,已探明地区石油探明储量增长最快的是中东及北非地区,其次为中非、南非地区、前苏联地区和南极洲、南亚,亚太、欧洲、北美地区(不包括加拿大和美国)及南非的石油探明储量增长较低,但南极洲和南亚地区的新领域探明储量最多(图 1-3);已探明地区天然气探明储量增长最快的仍然是中东及北非地区,其次是前苏联地区,其余地区探明储量增长较少,但亚太地区的新领域探明储量最多(图 1-4)。

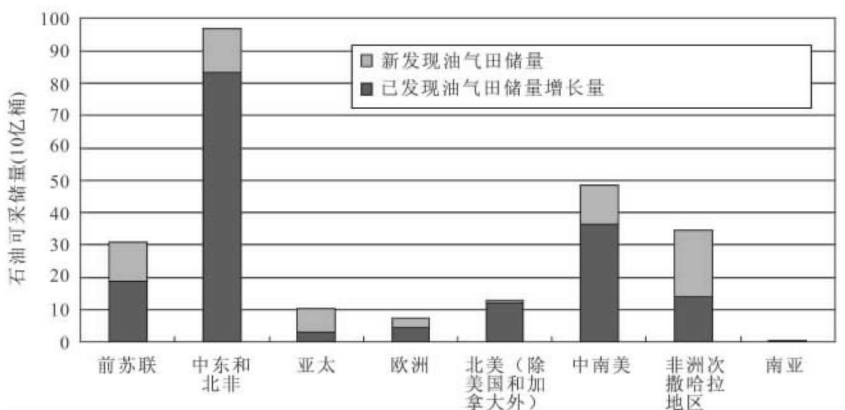


图 1-3 1996—2003 年期间世界各大油气区原油资源增长对比图(USGS)

我国石油总资源量为  $930.32 \times 10^8 \text{ t}$  (未包括南海南部的油气资源)。“九五”前期,各级别的资源量比例大体是探明储量占总资源量的 19.5%;控制储量、预测储量占总资源量的 5.9%;潜在资源量占总资源量的 12.1%;推测资源量占总资源量的 62.5%。天然气总资源量为  $37.92 \times 10^{12} \text{ m}^3$  (未包括南海南部资源)。“九五”前期,各级别的资源量比例大体是探明储量占总资源量 4.4%;控制储量、预测储量占总资源量的 3.3%;潜在资源量占总资源量的 12.8%;推测资源量占总资源量的 79.5%。若再加上我国南海南部传统海疆内的油气资源量,则我国的石油总资源量为  $1\,082.56 \times 10^8 \text{ t}$ ,天然气资源量达  $46.19 \times 10^{12} \text{ m}^3$  (均含台湾省油气资源量)。

我国主要的六大油气区的资源量由于地质条件和勘探程度的不同,在目前认识基础上的估算结果显示分布不均衡。其中,东部石油资源量为  $363.4 \times 10^8 \text{ t}$ ,占全国石油资源(未包括南

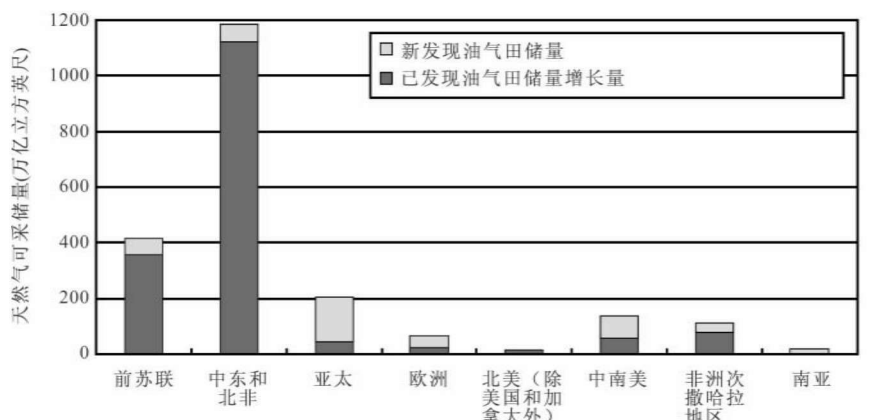


图 1-4 1996—2003 年期间世界各大油气区天然气资源增长对比图(USGS)

海南部的石油资源)的 39.1%，而西部与海域基本相当( $247.89 \times 10^8 \text{ t}$  及  $246.75 \times 10^8 \text{ t}$ )，共占全国资源的 53.2%。这 3 个区的资源占全国石油总资源的 92.3%。天然气资源主要分布在中国中部，为  $11.36 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，其次是中国西部，天然气资源量为  $10.78 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，中部和西部相加占全国天然气资源(未包括南海南部的资源)的 58.4%，近海大陆架天然气资源占全国资源的 22.1%。

我国石油资源量大于 100 亿 t 的盆地只有渤海湾、松辽及塔里木盆地，3 个盆地石油资源量为  $422.33 \times 10^8 \text{ t}$ ，占全国石油资源量(未包括南海南部的资源)的 45.40%。而具有 10 亿~100 亿 t 石油资源量的盆地共有 12 个，它们是准噶尔、珠江口、东海、渤海、莺歌海、银根—额济纳旗、琼东南、鄂尔多斯、北部湾、吐哈、柴达木及四川盆地，其中一半为近海陆架盆地，资源量共计为  $378.24 \times 10^8 \text{ t}$ ，占全国石油资源的 40.66%。天然气资源大于万亿立方米的盆地共有 9 个，它们是塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地、珠江口盆地、东海盆地、渤海湾盆地、莺歌海盆地、琼东南盆地、准噶尔盆地，其中 4 个盆地为近海陆架盆地，塔里木、鄂尔多斯、四川 3 个盆地资源量共  $19.75 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，占全国天然气资源的 52.1%。

#### 4. 全球油气资源的前景和对策

世界经济持续发展使人类对石油的需求日益增加，而石油的供应却面临挑战，能源安全特别是石油安全引发各国政府对石油资源的空前关注。许多地质学家和经济学家认为世界已经进入“石油峰值”时代，研究矿产资源枯竭规律的“石油峰值论”在世界范围内兴起。石油产量峰值之后也并不一定意味着“石油的极限”或“石油的枯竭”，许多学者提倡要以发展的眼光看待“石油峰值”。全球油气资源丰富，历经百余年勘探仍不断有大发现，目前总体勘探程度较低，勘探开发成本逐年增加，油气探明剩余储量和产量逐年增加。油气资源仍然居于 21 世纪能源消费的主导地位。尤其是非常规资源未来勘探潜力很大，已成为勘探的亮点。被动陆缘深水区成为全球大油气田发现的最主要领域；海域勘探成为未来油气勘探的重点，深部勘探市场广阔；天然气勘探逐步引起更高度的重视；非常规油气勘探是未来的新领域。

中国陆上油气勘探总体进入了发现大油气田、构建大油气区的新阶段，如松辽和渤海湾大

油区,四川和鄂尔多斯大气区等。海相碳酸盐岩、岩性-地层油气藏、冲断带构造油气藏等领域是发现大油气田的主体。新地区新盆地资源潜力大、勘探前景良好,中国新地区新盆地主要分布在海域、高原、外围中小盆地等。以往海域勘探主要集中在近海海域,南海深水区与国外被动陆缘具有相似的地质条件,资源潜力大,勘探程度低,是突破的重点地区。包括青藏地区在内的 20 余个盆地勘探尚处于起步阶段,勘探前景良好。

此外非常规油气资源是未来勘探的重要类型,比如致密砂岩气、煤层气、页岩气、生物甲烷气及天然气水合物等资源丰富,勘探程度很低,是实现天然气大发现、天然气快速发展的战略领域。

## 5. 中国油气资源对策和石油安全

2010 年,全球各地区能源消费增长加速,均高于各地区平均水平。中国的能源消费增幅为 11.9%,中国赶超美国成为世界最大能源消费国。党中央、国务院高度重视油气资源,将油气资源和粮食、水资源一同列为影响经济社会可持续发展的三大战略资源,并将保护资源列为基本国策。

(1)对于我国本土油气资源勘探,目前主要勘探对策体现在如下几个方面:①加强我国东部、中西部和近海海域的石油勘探,实现石油储量和产量稳中有升;②大力加强中西部和海域天然气勘探,提高天然气在我国一次性能源中的比例,改变整个能源结构;③积极探索青藏地区的油气资源潜力,务实地开展南海南部海域油气勘探;④加强油气基础勘查工作,为油气资源勘探发展提供支撑;⑤加强低品位难动用探明储量的开发,增加探明储量的利用率。

(2)在加强常规油气资源勘探开发的同时,也要注重非常规油气资源的勘探,比如煤层气、页岩气、油砂、油页岩和天然气水合物等。我国非常规油气资源丰富,煤层气埋藏深度小于 1 500m 的煤层气资源量  $(32\sim 34)\times 10^{12}\text{m}^3$ ;页岩气发展前景较好,远景地质资源量介于  $(30\sim 166)\times 10^{12}\text{m}^3$ ;油砂显示很多,分布非常广,油砂矿石油资源量 70 亿 t 左右;我国页岩油资源量约 200 多亿吨;有专家预测南海陆坡和陆隆近  $100\times 10^4\text{km}^2$  范围有天然气水合物资源量,此外青藏高原多年冻土区可能蕴藏着大量的天然气水合物。主要勘探对策如下:①加快天然气的开发利用,促进上、中、下游协调发展;②重点突破页岩气和煤层气开发;③对油砂资源进行系统全面的调查和评价,鼓励油砂油开发利用;④加强油页岩的开发利用技术方法研究,使油页岩得到更好的开发利用;⑤大力发展生物能源;⑥积极推进天然气水合物资源勘查与评价。

(3)在做好国内本土油气勘探的同时积极扩展海外区块的油气勘探,勘探开发活动以签订政府间长期稳定的油气资源合作协议为主。在区域上,目前国外油气资源勘探开发以周边国家和中东为主。其中,石油资源重点以俄罗斯和中东地区为主,天然气资源重点以远东和中亚地区为主。

(4)石油与天然气属于战略资源,能源安全指无论何时何地,当我们需要能源时都能够得到供应方面的保障来支持国家的经济增长和社会发展。能源应当是可获取的、价格合理的,并且与消费者的需求和环境的要求相符合的。制约我国石油安全的因素主要有石油进口来源不足、运输通道的保障能力不够、石油战略储备相对不足、石油期货贸易参与度低等;要实现中国的能源安全,需要持续开展以下两方面的工作:①多元化,包括能源供应结构、科技结构、基础设施、进口来源、产品进口、进口合同形式和市场参与者的多元化;②开放与合作,扩大国际间

的能源合作,推动我国企业融入国际石油市场。

### 三、实习要求及作业

完成读书报告一份。

1. 按地区选题:在全球范围内选择一个大油气区,调查研究其地质特征、油气资源量特征、勘探现状等。

2. 按实习内容涉及的相关领域选题:比如,油气资源分布的大地构造背景、油气资源量、油气资源的前景和对策、非常规油气资源勘探等。

## 实习二 盆地油气资源量的计算和评价

### 一、实习目的

通过本次实习,熟悉油气资源评价的基本知识和理论,掌握常用的油气资源量的计算方法和具体步骤,并能分析不同方法之间的差异及适用范围。

### 二、方法原理

可用于计算油气资源量(生烃量)的方法有很多,达百余种,常用的有三十多种。按评价模型建立的理论基础可分为统计预测法、类比预测法、外推预测法、成因预测法及综合预测法等。每种方法都有它的优缺点和使用条件,应视具体情况加以选用。

#### 1. 盆地类比法

类比法是指以地质类比为基础的面积法和体积法:对已进行过大量油气勘探的地区,即所谓油气勘探成熟的地区内,计算出不同地质条件下,其单位面积或单位沉积岩体积中已发现的油气权量,然后将这些比率用于地质条件类似而勘探程度较低或未勘探的新区,对其资源前景进行预测。使用该方法时,主要是在类比参数中,必须是真正控制类比地区内油气分布规律的关键参数。盆地类比法适用于极低或低勘探程度含油气盆地资源的计算。

由已知单元含油气远景丰度类比求出评价单元(盆地)含油气远景的方法,其资源量计算公式为:

$$Q = S \times \left( \sum_{i=1}^n K_i \cdot a_i \right) / n \quad (2-1)$$

式中, $Q$ 为待评价盆地的油气总资源量, $10^4 \text{ t}$ ;  $S$ 为待评价盆地的面积, $\text{km}^2$ ;  $K_i$ 为类比盆地的油气资源丰度, $10^4 \text{ t/km}^2$ ;  $a_i$ 为类比系数,小数( $0 \sim 1$ );  $n$ 为类比盆地的个数。其中,地质类比法主要利用刻度区与预测区的对应数据建立起两者间的类比系数,从而确定预测区与刻度区之间的相似程度。类比系数的确定主要有如下几步:①类比参数库的建立;②刻度区权重系数的确定;③预测区类比系数及其分布函数。

#### 2. 氯仿沥青“A”法

利用氯仿沥青“A”的含量、烃源岩排出系数求取资源量(生烃量),其计算公式为:

$$Q = S \times H \times D \times A \times (1 + K_a) \quad (2-2)$$

式中, $Q$ 为盆地的油气总资源量(生烃量), $10^8 \text{ t}$ ;  $S$ 为成熟烃源岩面积, $\text{km}^2$ ;  $H$ 为成熟烃源岩厚度, $\text{km}$ ;  $D$ 为烃源岩密度, $10^8 \text{ t/km}^3$ ;  $A$ 为氯仿沥青“A”的含量(残余),小数;  $K_a$ 为排出系



数(烃源岩排出的烃量与残留的烃量之比值,小数),一般为 10%~25%,平均 15%。

### 3. 有机碳法

利用有机碳的含量、产烃率与烃源岩重量来计算资源总量(生烃量),其公式为:

$$Q = S \times H \times D \times \text{TOC} \times K_c \quad (2-3)$$

式中, $Q$  为盆地的油气总资源量(生烃量), $10^8 \text{ t}$ ;  $S$  为成熟烃源岩面积, $\text{km}^2$ ;  $H$  为成熟烃源岩厚度, $\text{km}$ ;  $D$  为烃源岩密度, $10^8 \text{ t/km}^3$ ;  $K_c$  为有机碳产烃率,小数( $t_{\text{烃}}/t_{\text{TOC}}$ );  $\text{TOC}$  为有机碳含量,小数。

### 4. 沉积平均体积速度法

沉积体积速度是指单位时间内沉积盆地中堆积的沉积岩体积,其是综合反映沉积盆地沉积条件、生烃条件及油气保存条件的一个重要地质参数。一般地,盆地的油气资源量与沉积体积速度具有密切的关系。因此,可根据世界上主要含油气盆地的沉积体积速度和石油地质储量的资料,用统计的方法确定沉积平均体积速度( $V$ )与盆地石油储量( $Q$ )之间的回归方程式,然后用来预测未知盆地的石油资源量。前苏联的 И. И. 涅斯乔洛夫等(1975)通过对世界上 22 个勘探程度较高的含油气盆地的统计,得出了沉积盆地的油气总资源量与盆地的平均沉积速度之间的函数关系式:

$$\ln Q = 2.813 + 1.613 \ln V \quad (2-4)$$

式中, $Q$  为盆地的油气总资源量, $10^6 \text{ t}$ ;  $V$  为沉积盆地沉积平均体积速度, $10^3 \text{ km}^3/\text{Ma}$ 。

### 5. 烃源岩体积法

该方法主要是在地质实体(沉积岩、储集岩、圈闭)体积确定的基础上,结合油气资源丰度系数(资源密度系数)来估算研究区的油气资源量。这是油气资源预测中常用的简便方法,主要适用于早期勘探阶段。

根据成熟烃源岩体积及单位体积烃源岩的产烃丰度来估算盆地油气资源总量(生烃量),其计算公式为:

$$Q = S \times H \times a \quad (2-5)$$

式中, $Q$  为盆地的油气总资源量(生烃量), $10^4 \text{ t}$ ;  $S$  为成熟烃源岩面积, $\text{km}^2$ ;  $H$  为成熟烃源岩厚度, $\text{km}$ ;  $a$  为烃源岩产烃丰度, $10^4 \text{ t/km}^3$ 。

### 6. 热解法

根据盆地烃源岩的热演化分数(程度)及残余热解烃量来计算资源量,其计算公式为:

$$Q = S \times H \times D \times K \times S_2 \quad (2-6)$$

式中: $Q$  为盆地的油气总资源量(生烃量), $10^8 \text{ t}$ ;  $S$  为成熟烃源岩面积, $\text{km}^2$ ;  $H$  为成熟烃源岩厚度, $\text{km}$ ;  $D$  为烃源岩密度, $10^8 \text{ t/km}^3$ ;  $K$  为热演化分数(已生成烃与残余热解烃的比值),小数(0~1);  $S_2$  为成熟生油岩残余热解烃量, $10^3 \text{ kg/t}$ 。

不同方法计算的资源量(生烃量)不同,需要将不同方法计算的资源量进行合理地综合,得到盆地统一的资源量值。盆地资源量汇总一般用特尔菲法,其公式如下:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot R_i, \sum_{i=1}^n R_i = 1 \quad (2-7)$$

式中,  $Q$  为盆地总资源量,  $10^8 \text{ t}$ ;  $Q_i$  为第  $i$  种方法计算的盆地资源量,  $10^8 \text{ t}$ ;  $R_i$  为第  $i$  种计算方法的权系数, 小数(0~1)。

## 7. 特尔菲法

特尔菲(Delphi)法也称为专家评价法, 其含义是对同一问题的多种见解或多种判断所进行综合处理的一种方法。在油气资源评价中, 特尔菲法是一种客观综合油气地质专家们的知识、经验或见解的方法, 其通常用于勘探早期的油气资源评价之中, 但要求已有的地质资料够用, 且参加评价的地质专家符合评价要求。

特尔菲法实施的步骤如下。

(1) 评价范围和负责人(班长)的选定, 同时由班长聘请若干名经验丰富、知识渊博且对评价区的地质情况熟悉的领域专家组成评价小组。评价小组之间相互匿名, 只对班长负责(单线联系), 而各班长对评价小组中每个专家所采用的评价方法不能做任何干预。

(2) 由班长拟定向各位专家征询评价意见的表格及征询内容。目前多采用以概率分布形式提问的征询表。例如, 可向专家们提出如下一些问题: ①在评价区中发现 1000 万 t 以上油气资源量(储量)的可能性有多大? ②在评价区中发现 5000 万 t 以上油气资源量的可能性有多大? ③在评价区中发现 1 亿 t 以上油气资源量的可能性有多大? ④在评价区中发现 5 亿 t 以上油气资源量的可能性有多大?

或

①在评价区中至少能得到多少油气资源量(概率为 100%时的资源量)? ②在概率为 75%时的油气资源量有多少? ③在概率为 50%时的油气资源量有多少? ④在概率为 25%时的油气资源量有多少? ⑤最多可以得到多少油气资源量(概率为 0 时的资源量)?

(3) 每个专家根据自己的经验、知识和习惯等, 确定各自的评价方法, 并按特尔菲班长的征询内容回答问题。

(4) 班长将所有专家的评价结果用约定的算法进行综合, 得出对评价区的综合评价结论。如果不同专家间的评价意见差异较大, 则班长需要与各位专家进行单线联系, 讨论、商榷各位匿名专家的评价意见, 并将班长得出的综合评价结论反馈给各位专家, 以尽可能地消除重大分歧, 统一认识; 然后, 由各位专家重新提出修改后的评价意见, 再由班长综合出第二轮的评价结论。如此反复, 直到两轮评价结果无明显差别时, 特尔菲班长即可认为完成了评价任务, 得到了待评价区在各种概率下油气资源量的估计值。

## 三、实习内容和步骤

1. 根据潮水盆地烃源岩的相关资料, 从上述 7 种常用的资源量计算方法中选取 4 种方法计算潮水盆地的油气资源量。

2. 利用特尔菲法将不同方法计算的资源量进行合理地综合, 得到盆地统一的资源量值。要求根据自己的分析, 结合潮水盆地的资料, 给出不同计算方法的权系数  $R_i$  及其依据。

#### 四、实习要求及作业

1. 掌握常用的盆地资源量计算的方法和原理。
2. 对比不同方法计算出来的资源量的大小,分析不同计算方法的差异及其产生的原因。
3. 对潮水盆地油气资源潜力及勘探前景进行分析。

## 实习三 区带及圈闭油气资源量的计算与评价

### 一、实习目的

通过本次实习,熟悉区带和圈闭的概念及其描述方法,掌握区带、圈闭资源量的计算方法和原理,并能根据所给资料对有利区带及主要的勘探目标(圈闭)进行评价。

### 二、方法原理

区带是盆地内油气聚集的重要场所,是为适应局部的油气勘探和评价而产生的介于含油气盆地与圈闭之间的过渡性地质单元。它可以理解为存在于盆地同一构造带中,具有相同成因联系和油气生、运、聚规律并在地域分布上相邻的一系列圈闭与已发现油气藏(田)的统一组合。区带描述的主要任务是在盆地研究的基础上,进一步利用区带内已有的资料和油气勘探新取得的资料,包括区带以内和以外的各种地面地质、物化探、钻-测-录井地质、盆地模拟等方面的内容,在更高精度上对研究的区带进行地质过程分析,归纳研究其各种地质特点。具体包括:①区带烃源岩特征及油源分析;②区带储盖层特征分析;③区带油气成藏分析。区带资源量计算则是在区带描述的基础上对有利区带资源量的进一步分析求证,主要的计算方法如下。

#### 1. 运聚单元资源分配法

含油气系统内所生成的烃类就近运移到本地的含油气带内,这种根据地震构造区划分或沉积发育史所划分的一个供油面积叫供油单元,供油单元内所能聚集的烃类为资源量。该方法适用于中、高勘探程度的区带。

计算公式如下:

$$\text{油(气)充注体积} = \text{有效排烃面积} \times \text{排烃面积内的烃源岩厚度} \times \text{烃源岩产率} \\ \times \text{排烃系数} \times \text{运聚系数} \quad (3-1)$$

一般按照以下几个步骤进行。

- (1)根据地质综合分析划分供油单元。
- (2)根据有效烃源岩的排烃门限圈定源岩排烃范围,计算有效排烃面积。
- (3)通过统计获得排烃面积内的烃源岩厚度。
- (4)根据热演化程度确定供油单元的烃源岩产烃率。
- (5)根据氯仿沥青“A”随深度变化曲线和产烃率曲线计算出排烃系数。
- (6)确定运移系数:通过对刻度区的有效封堵层厚度、岩性、深度、裂缝、断层作用等保存条件进行回归分析,做出运移系数模型,用评价区参数求得。
- (7)估算油气充填体积,即该区带资源量。