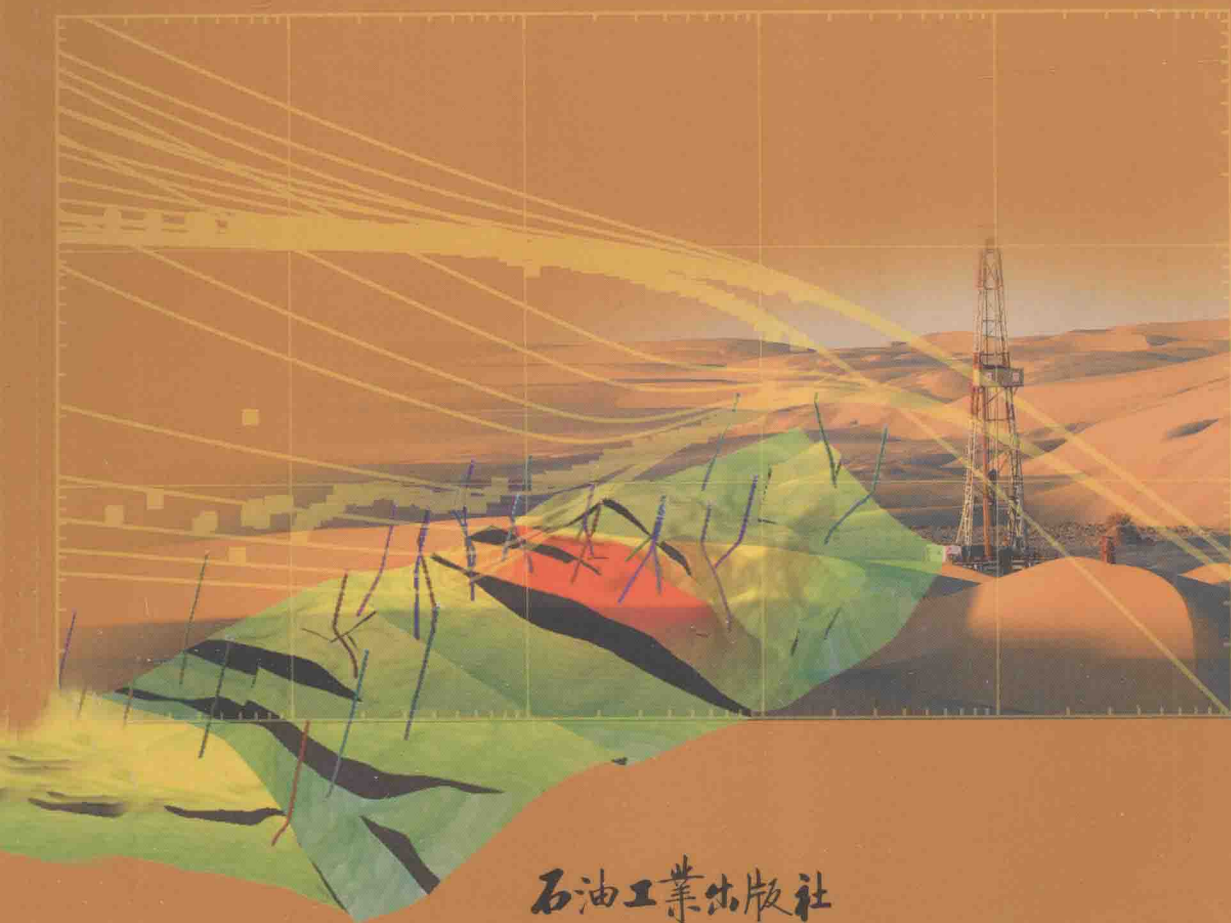


YOUQI CHULIANG PINGGU FENJI LILUN YU YINGYONG

油气储量评估分级 理论与应用

——以新疆油田为例

徐建辉 王屿涛 赵选民 陈 武 李志学 著



石油工业出版社

油气储量评估分级理论与应用

——以新疆油田为例

徐建辉 王屿涛 赵选民 陈 武 李志学 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以石油生产经营活动的价格、成本和税金数据为基础,分别开展了价值分级、价值评估等领域的研究,建立了一套公司内部管理、内部控制、内部决策的已探明未开发储量资产经济评价的新方法。并以新疆油田为例,建立了价值分级模型。同时还以新疆深层—超深层油气藏储量为对象,讨论了深层—超深层油气藏经济储量、单井日产量等问题。

本书可供从事石油经济研究、石油企业经营管理的人员及相关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气储量评估分级理论与应用 / 徐建辉等著.
北京:石油工业出版社,2013.6
ISBN 978-7-5021-9555-7

I. 油…
II. 徐…
III. 油气储量—油气资源评价
IV. TE155

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 064954 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523560 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:16.25

字数:230 千字

定价:60.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

本书共分4章，由新疆油田公司徐建辉、王屿涛，西安石油大学赵选民、李志学，及西南石油大学陈武共同合作完成。

第一章以石油生产经营活动的价格、成本和税金数据为基础，分别开展了价值分级、价值评估等领域的研究，并分别对投资成本级差、开采成本级差、运输成本级差和外部经营环境成本级差等进行了多因素和多层次分析。建立了一套国内外先进的公司内部管理、内部控制、内部决策的已探明未开发储量资产化经济评价的新方法。在对已探明未开发储量进行价值分级和价值评估时采用了两种途径，即成本途径和收益途径。在成本途径研究中，对储量级差收益进行了研究。在收益途径的研究中，借鉴和拓展了国际通用的贴现现金流模型，并以3种不同的贴现率分别进行了测算。建立了适合于已探明未开发储量特点的新的经济评价模型，建立了综合指数贴现系数和成本递增贴现系数，并以油田寿命、递减率、贴现率、价税成本等技术经济参数对评价结果的敏感性进行了系统分析。

第二章根据建立的价值分级模型，对新疆油田不同类型油藏的已探明未开发储量进行了价值分级和价值评估，建立了新疆油田已探明未开发储量价值分级标准和评估体系，为今后的合理动用奠定了理论基础。

第三章和第四章是以新疆油田深层—超深层油气藏储量为对象，以石油生产经营活动的油藏工程、操作成本、价格和税金等数据为基础，开展了深层—超深层油气藏经济储量、单井日产量等内容的研究。并采用模糊综合评判的方法对储量进行了分类和排序，为勘探投资决策指出了方向和重点，同时对其开发投资价值进行了分析。研究建立了一套适合于新疆油田的深层—超深层油气藏经济储量界限、单井日产量界限和

极限储量丰度界限的评价方法和图版。该方法的应用也是对以往评价方法的重要补充和完善，同时可为新疆油田深层—超深层油气藏勘探开发指明投资方向 and 提供决策依据。

由于目前国内外对已探明未动用储量和深层—超深层油气藏勘探开发经济界限方面的研究文献较少，可供参考借鉴的成果非常有限，故该书编撰过程中谬误难免，谨请批评指正。

作者

目 录

第一章 石油储量价值分级和评价新方法	1
第一节 石油储量价值分级方法研究	1
一、探明储量价值分级的概念及其物理模型	1
二、石油储量价值分级的数学模型研究	7
第二节 石油储量价值评估方法	13
一、以价值分级为基础的储量价值评估	13
二、模型参数分析	34
三、模型的假定条件分析	39
第二章 石油储量价值分级及评价方法在新疆油田的应用	43
第一节 新疆油田已探明未开发储量的特点	43
一、概况	43
二、储量描述	43
三、不同待评价区块的储量特点	50
第二节 新疆油田已探明储量价值分级结果分析	52
一、已探明未开发储量	52
二、已开发储量	55
第三节 新疆油田已探明未开发储量价值评估	59
一、探明可采储量勘探成本	59
二、探明可采储量的基本价格	60
三、拟合成本和最大级差收益的确定	62
四、新疆油田已开发和已探明未开发储量价值评估结果	65
五、评价结果汇总分析	76
第四节 结论与建议	79

一、结论	79
二、建议	80
第三章 经济储量和商业油流研究及综合评价新方法	82
第一节 概论	82
一、经济储量和商业油流的概念	82
二、经济储量和商业油流的影响因素分析	83
三、国内外研究现状	93
第二节 油气藏经济储量和商业油流计算方法	97
一、计算模型及相关参数测算	97
二、油气藏极限储量丰度及单井日产量计算	100
三、相关计算参数说明	100
第三节 油气藏储量综合评价方法	101
一、油气藏储量分类综合评判及优选方法	101
二、储量分类综合评判方法	113
三、探明储量开发投资价值评估方法	115
第四章 经济储量计算及评价方法在准噶尔盆地	
深层—超深层油气藏中的应用	117
第一节 准噶尔盆地深层—超深层油气藏勘探现状	117
一、石油地质概况	117
二、深层—超深层油气藏勘探概况	118
三、深层—超深层勘探的有利条件	119
四、勘探领域选择	121
第二节 准噶尔盆地深层—超深层油气藏经济特征分析	123
一、深层—超深层油气藏历史发现成本及投资分析	123
二、深层—超深层油气藏工作量、投资与成本分析	129
三、经济储量参数的确定	134
第三节 准噶尔盆地深层—超深层油气藏经济储量计算	136
一、分区带油气藏经济储量计算结果	136
二、分区带油气藏单井日产量计算结果	161

三、分区带极限储量丰度计算结果.....	185
四、经济储量计算方法在准噶尔盆地深层—超深层油气藏的应用	210
五、综合评价方法在准噶尔盆地深层—超深层油气藏的应用.....	224
六、开发投资价值评估方法在准噶尔盆地深层—超深层油气藏 的应用.....	242
参考文献.....	247

第一章 石油储量价值分级和评价新方法

第一节 石油储量价值分级方法研究

石油企业储量资产评价方法是在评价理论的基础上，根据油田实际情况，考虑到油田区块开发生产的客观历史、地质及自然条件、石油品质（简称储量价值等级）对开发成本的影响，通过设计出符合油田石油储量实际情况的石油储量价值分级模型给出储量价值等级值，然后确定储量价值等级和开采成本之间的关系，再根据石油价格和后续开发生产成本，科学地评价储量资产的价值。

一、探明储量价值分级的概念及其物理模型

1. 石油储量价值分级的影响因素

根据油田勘探开发生产过程特点，石油生产的完全成本可分为勘探开发投资成本和操作成本。按石油工业生产和运销的组织结构特点，操作成本又可分为开采成本和运销成本。在分析确定储量价值等级时，必须按照石油完全成本构成逐项考虑，然而在具体分析时，有些影响因素归入哪一类成本有时并不确定，它们对任何一类成本级差都有影响。为此，我们将这一类影响因素称为外部成本级差，这样便可以将决定储量价值分级的因素归为 4 类。

1) 投资成本影响因素

(1) 地质储量规模。储量规模大可产生一定的经济规模效益，从而降低单位产量的投资成本。

(2) 地质储量丰度。它在很大程度上决定了单井控制储量、单井产量，决定了单位产量、单位储量的钻探投资成本。

(3) 油气层深度。钻井投资往往随井深的增加而呈指数倍增加，这是影响投资成本的重要因素。

(4) 油气藏类型。它影响到勘探及后续开发投资。

(5) 钻井周期。由于地质构造和岩性的不同，造成了钻井的难易程度的不同，反映在钻井时间长短的不同。因此，钻井投资与钻井周期有直接的关系。

2) 开采成本影响因素

开采成本中包括各类固定资产设施的维持费用，故投资成本级差因素也应视作开采成本级差影响因素。除此之外，开采成本影响因素有：

(1) 压力系数。它影响开采难度和决定开采方式及其转换。

(2) 原始含油饱和度。影响开采方式和注水工作。

(3) 原液品质因素。包括凝固点、密度、黏度等，影响到地面处理和集输的难度。

(4) 不同的开发阶段。某区块的采出程度、含水率及递减率的不同也影响到开采成本。

3) 运销成本影响因素

(1) 运输距离。运输距离越远，则运销成本越大。

(2) 运输条件。包括运输方式和不同运输方式的运输能力，是影响运输成本和生产产量的重要因素。

(3) 原油品质。包括含硫等有害元素腐蚀运输设施；凝固点高、黏度高的原油在管道运输中需要消耗的物耗也越高。

4) 外部成本影响因素

(1) 自然地理因素。包括地形地貌、气候、水资源等综合因素。

(2) 经济地理因素。石油勘探开发生产离不开社会的技术及经济支持，油田所处的经济地理区域是使油田获得这些支持的成本高低的决定因素，它包括油田所在地区的经济发育程度（人均 GNP、人口密度和交通网密度），与中心城市的综合距离等。

(3) 石油规模经济条件。指油田所在区域的石油经济规模，它决定了油田勘探开发生产所得到的石油技术、经济支持的难易和成本大小。

2. 已探明未开发石油储量价值分级物理模型

分析了影响储量价值分级的诸因素后,再考虑到本书所研究的范围,并以单个油田或含油区块作为研究对象,得到如图 1-1 所示的物理模型。

1) 投资成本因素

投资成本是指石油田在整个勘探开发周期内的勘探开发建设投资成本,包括开发前的勘探投资、投产前的开发建设投资、投产后整个油田开采期间的后续开发建设形成的投资成本。本模型仅考虑油田地质、地下油藏条件优劣对投资成本高低的影响。

(1) 探明地质储量规模。探明地质储量是指通过国土资源部油气储量评审办公室审定的探明地质储量,单位为“ 10^4t ”。

(2) 地质储量丰度。指单位面积内石油储量,单位为“ $10^4\text{t}/\text{km}^2$ ”。

(3) 油层埋深。指主力油层底界深度或多组油层中部深度,单位为“ m ”。

(4) 油藏类型。是指石油圈闭类型、储集类型和驱动类型的综合。在此主要指圈闭类型,包括简单构造,简单断层、断块,岩性构造,地层圈闭,地层岩性。

(5) 流度。是指储层空气渗透率 K 与地下原油黏度 μ 的比值 (K/μ),计量单位为“ $\text{mD}/(\text{mPa}\cdot\text{s})$ ”。流度高低,决定着单井控制储量和单井产量,影响井网密度,开采方式及措施的选择。

除此之外,钻井是一项复杂的生产过程,一个完整的井筒作业过程应包括下述 8 个主要流程:钻前准备、钻井作业、钻井辅助作业、固井作业、井下事故处理、录井作业、测井作业、完井与试油作业(随着专业化分工的不断完善,测井、录井和试油等作业已由独立的作业公司完成,不再属于钻井公司的业务范围)。这些作业流程中,钻井作业是主要作业,钻井作业是钻机起升系统带动中空钻柱将钻头以适当的压力钻入地层,钻井液循环系统将钻凿切剥的岩屑带出井底的过程。钻井作业由钻进和取心两大作业组成。钻井作业成本受到多方面因素的影响,钻井进尺、钻井周期、地质结构等都会影响钻井作业成本的变化。

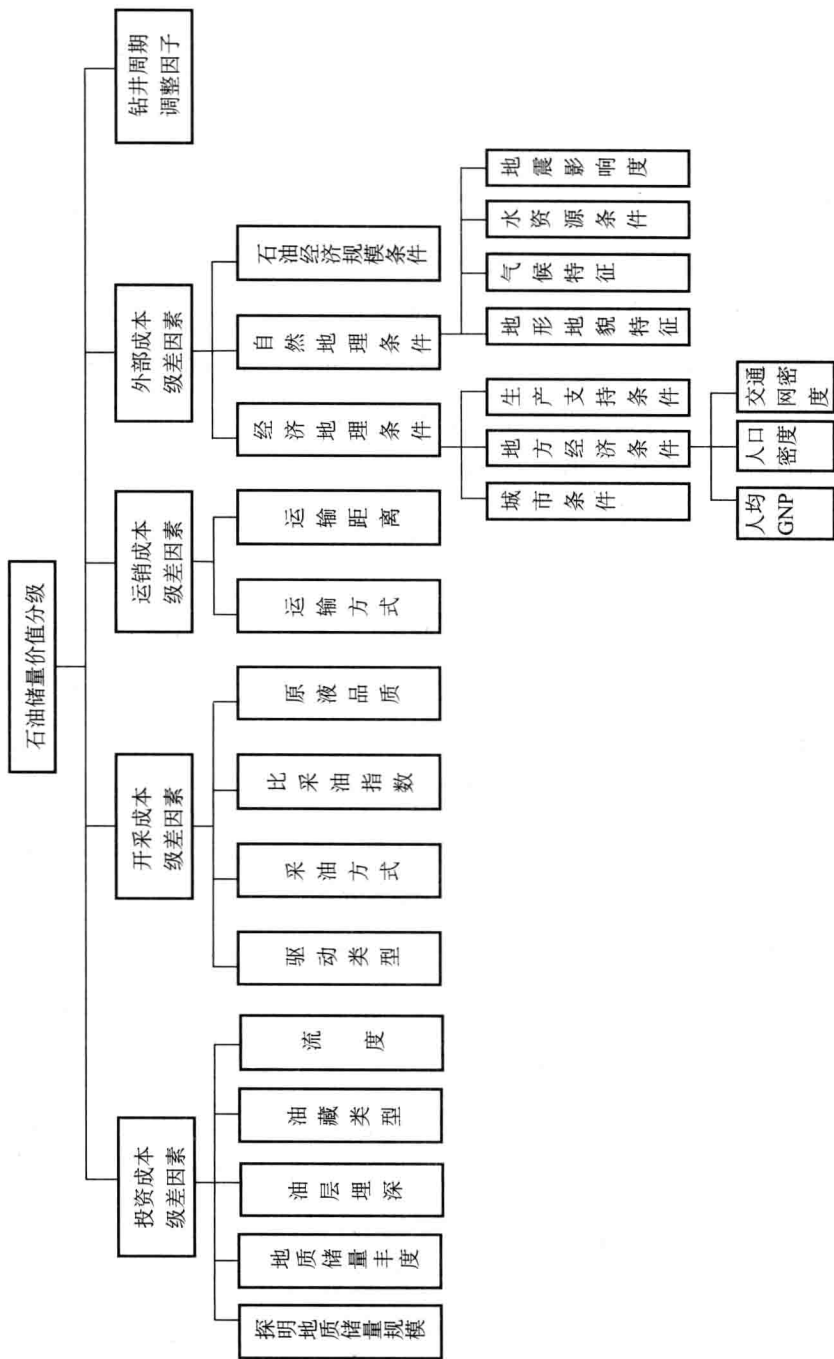


图 1-1 已探明未开发石油储量价值分级物理模型

2) 开采成本因素

开采成本是指将原油从地下油层提升至井口，并在地面进行集输处理（为满足运销、加工需求），送至外输站所发生的成本费用。它包括油田及地面设施的维护管理费，采油的动力、材料、人工费用等。影响投资成本的级差因素在不同程度上也影响开采成本。根据开采成本形成的具体情况本模型主要考虑以下因素：

(1) 驱动类型。驱动类型是指油田的全部工作条件的综合。驱动类型具体分为弹性驱动、气顶驱动、水压驱动、溶解气驱动和混合驱动。

(2) 采油方式。是指油田投入生产时的采油方式。分为自喷、机械采油、压裂后投产、酸化后投产和热采 5 种方式。

(3) 比采油指数。在这指油田投入开发时的初始采油指数，它是每天每个大气压的采油量，是表示产能大小的一个重要指标，单位为 $t/(d \cdot m \cdot MPa)$ 。

(4) 原液品质。又称原始液品质，是指开发前的油井试油试测时，未经污染的产出液品质。它可以简单地分为稀油、稠油和特稠油。

3) 运销成本因素

运销成本是指在原油销售过程中所发生的运输成本。运销成本高低，由油田的营销条件（主要是油田与原油需求市场距离、运输方式和原油品质）好坏确定。营销条件好则运销成本低，反之则高。在本模型中考虑以下因素：

(1) 运输距离。指将油田所产原油运输往各可能需求地（炼油厂、出口口岸、火力发电厂）等的综合距离。

(2) 运输方式。指将油田所产原油转移到某地的方式，它可以是单一的、也可能是组合的运输方式，运输方式按不同方式运费高低排列有海上运输、管道运输、内陆河运、铁路运输、公路运输等 5 种。

4) 外部成本因素

(1) 经济地理条件。又称社会经济条件，是指油田所在地的经济发展水平、科技水平以及油田与中心城市或经济中心的距离。它包括：城市条件、地方经济条件（人均 GNP、人口密度和交通网密度）和生产支

持条件。

(2) 自然地理条件。是油田所在地地形地貌、气候及水资源等各种自然条件的综合。它包括：地形地貌特征、气候特征、水资源条件、地震影响度。

(3) 石油经济规模条件。指油田所在区域的一定范围石油经济规模状况。

3. 已开发储量价值分级的物理模型

石油资源价值的高低主要由影响石油资源勘探开发投入产出效率的资源条件优劣决定，但在实际生产实践中人们对石油储量价值的认识一直延续到整个石油资源开发生产阶段。更为重要的是，随着石油资源开采时间的延长，已动用的探明储量或剩余储量的开发条件不断劣化，石油资源储量价值（主要是级差地租部分）也要下降。因此，在评价已开发石油资源储量价值时，除了考虑各类成本级差因素外，还要根据不同的开发阶段对储量价值等级值进行调整。受不同的开发阶段或采用不同的开采方式以及由于油层能量变化等指标因子的影响，往往会造成石油资源后续开发成本上升，增大石油资源的生产成本，降低石油资源储量的价值。

因此，在进行已开发石油储量价值分级时，通过大量数据的统计分析和广泛征求现场有实践经验的专家的意见，选择3个因子作为影响成本级差的动态因素，来评价已开发石油储量的价值（图1-2）。

(1) 采出程度。采出程度是指石油资源储量在开采过程中，某一时刻的累计采油量占地质储量的百分比。它可以表示油藏的开采过程和地下石油资源的采出情况，常常与其他指标组合（如与综合含水率）来研究油藏的开发规律、开发效果和预测动态发展。

(2) 单井平均产量。单井平均产量是指区块的平均单井的产量，是油田动态分析中重要的指标。

(3) 自然递减率。自然递减率是指在不考虑各种增产措施所增加的产量在天然能量下油藏或油井阶段末产量与阶段初产量的比值。自然递减率反映产量的自然递减大小。

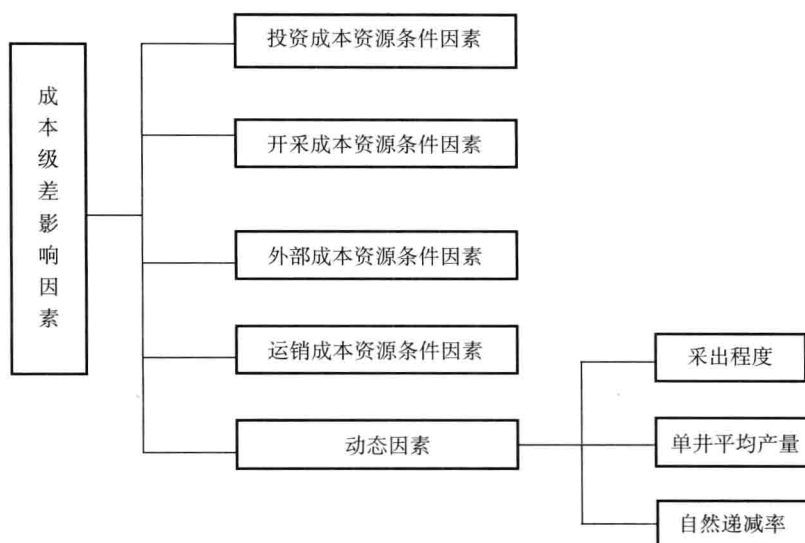


图 1-2 已开发储量价值分级物理模型

二、石油储量价值分级的数学模型研究

1. 已探明未开发储量价值分级数学模型

数学模型是对物理模型的量化，这一过程可分为两个方面的内容：一是确定基本影响因素的等级尺度及相应的影响程度即因子特征值；二是确定下级因子的权重系数。根据我们已有的研究成果，结合油田石油储量的实际情况，采用多种方法，并根据大量成本数据进行分析，应用回归分析法找出各因子同各类成本的相关关系，再应用统计方法进行分组得到相应的特征值。同时，利用层次分析法并结合德尔菲法确定同级因子相应的权重，详细描述如下。

1) 因子权重系数的确定

从储量价值分级物理模型可以看到，一级因子为石油储量价值。二级因子有 4 个：投资成本影响因素、开采成本影响因素、外部成本影响因素和运销成本影响因素。投资成本影响因素又由储量规模、储量丰度、油层埋深、油藏类型、流度 5 个因子构成。开采成本影响因素由驱动类型、采油方式、比采油指数、原液品质构成，且因子分级从上至下，呈

递阶层次结构，同一因素下，下级各因子对上级因子的贡献是不同的，有些因子影响大一些，有些因子影响小一些，因子权重是不同的。对各因子权重的确定，主要采用单一准则下用层次分析法来确定，并用德尔菲法设计表格，经统计处理得到两两相比的标准，从而得到两两相比的判断矩阵：

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (i=1,2,\cdots,n; j=1,2,\cdots,n) \quad (1-1)$$

其中： a_{ij} 为因子 u_i 和 u_j 相比的重要程度标准度， a_{ij} 可取 1, 3, 5, 6, 9； $a_{ii}=1$ ， $a_{ji}=1/a_{ij}$ ， $a_{ij} > 0$ 。

采用 n 个向量算术平均作为权重向量 w_i ，有：

$$w_i = \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (i=1,2,\cdots,n) \quad (1-2)$$

计算权重后，再进行一致性检验；若不满足，再进行适当修改。

根据上述思路，分别确定出本模型中各因子的权重数。

各级因子权重确定好了之后，对物理模型的量化过程还有一个非常重要的方面是对最下一层因子确定其等级尺度及其对应成本的影响程度即因子的特征值。

2) 因子等级尺度和特征值的确定

各因子数值参数确定的主要依据，是因子对各级各类成本级差的影响作用程度，因此需要大量成本数据资料进行分析，找出各类因子和它相应成本之间的关系，应用统计方法对其分级并得到相应等级的特征值。对模型中有一些因子却没有相应的实际成本数据，在建模时可先对其进行度量然后再通过映射来确定其特征值。对模型中有些非量化因子确定其等级尺度和特征值时，先列出该因子的各种可能取值情况，采用德尔菲法征询专家对不同取值对相应成本部分的影响程度，在此基础上得出非量化因子的等级尺度及各级等级的特征值。下面就详细讨论各级因子

的量化过程。

(1) 投资成本影响因素。

① 储量规模：一般来说，储量越大，规模效益好，单位储量的投资也越少，因此而带来级差收益。

根据全国 183 个油田的实际资料，估算出每单位储量的投资成本，用一元回归分析找到储量 X 与单位储量投资成本 Y 的关系为：

$$Y=6.089+5542.2655/X \quad (1-3)$$

② 储量丰度：在其他条件相同的情况下，储量丰度越大，单位投资应越小，从而级差收益也越高。

单位投资 Y 与储量丰度 X 之间的关系为：

$$Y=4.5+744.9/X \quad (1-4)$$

③ 油层埋深：钻井投资的多少往往随着井深的增加而呈指数倍增长，是影响投资成本的重要因素，且深度增加到某一程度后会使钻井成本和投资增长的速度迅速提高。油层埋深 H 和单位投资 Y 之间的关系为：

$$Y=e^{6.24+0.01H} \quad (1-5)$$

④ 油藏类型：它综合反映地质条件和油藏物性的好坏，也影响到整个开发周期中采油方式的选择与组合、井网的调整等方面的投资成本。

对油藏类型主要用圈闭类型来表述，圈闭类型的分类及特征值的确定在缺乏资料和不是量化因子的条件下，采用德尔菲法征求专家意见，经统计处理后，结果见表 1-1。

表 1-1 油藏类型分级及特征值

油藏类型分级	特征值 $f_{\text{藏}}$
I 级：简单构造	1
II 级：简单断层、断块	1.7
III 级：岩性构造	2.0
IV 级：地层、岩性圈闭	2.5