

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T XXXX—XXXX

碳酸盐岩油气藏缝洞体雕刻法资源储量
估算规范

Regulation of Fracture-cavity carbonate reserves estimate

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国自然资源部

发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缝洞雕刻技术要求、方法和流程	2
4.1 技术要求	2
4.2 缝洞雕刻方法和流程	3
5 地质储量估算	4
5.1 储量起算标准	4
5.2 储量估算应具备的条件	4
5.3 储量计算单元划分原则	6
5.4 地质储量估算方法	7
6 缝洞体雕刻法地质储量估算参数确定原则	8
6.1 估算底界的确定	8
6.2 含油（气）面积	8
6.3 有效厚度	9
6.4 有效孔隙度	10
6.5 原始含油气饱和度	12
6.6 原始体积系数	12
6.7 气油比	12
6.8 原油（凝析油）密度	13
6.9 缝洞体雕刻法地质储量估算图件要求	13
7 储量状态界定	13
8 技术可采储量估算	13
8.1 技术可采储量估算公式	13
8.2 采收率确定方法	13
9 经济可采储量估算	13
10 储量综合评价	13
附录 A（规范性附录） 储量估算公式中参数名称、符号、计量单位及取值位数	14
附录 B（规范性附录） 地震资料品质及对缝洞雕刻量化成果的质控要求	15
附录 C（规范性附录） 缝洞体雕刻法储量估算关键图件需求	16
附录 D（规范性附录） 油气储量估算情形	19

前 言

本标准按照GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》起草。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口。

本标准起草单位：自然资源部油气储量评审办公室、自然资源部油气资源战略研究中心、自然资源部矿产资源储量评审中心、中国石油天然气集团有限公司、中国石油化工集团有限公司。

本标准主要起草人：韩征、吴国干、李敬功、方辉、段晓文、张丽娟、郑多明、赵宽志、徐建华、岳建华、任继红、周立明。

引 言

缝洞型碳酸盐岩油气藏储层分洞穴型、孔洞型和裂缝型三种储层类型，估算方法与孔隙型砂岩有很大区别，应用《石油天然气储量估算规范》中的常规计算方法，在一些参数上有一定局限性，如：计算单元的划分、含油气面积的确定、有效厚度的确定方法等。碳酸盐岩油气藏缝洞体雕刻法资源储量估算规范需要充分考虑碳酸盐岩储层的非均质性、储集空间的多样性，分别按洞穴型、孔洞型和裂缝型三种储层类型分布估算储量。

本规范采用缝洞雕刻技术精细刻画洞穴型、孔洞型、裂缝型储层的分布特征，对地震资料提出了更高的要求，是相关油气储量估算规范的一个补充，适用于岩溶缝洞型碳酸盐岩油气藏石油和天然气储量估算。鉴于此，制定本规定。

碳酸盐岩油气藏缝洞体雕刻法资源储量估算规范

1 范围

本标准规定了碳酸盐岩缝洞型油气藏储量估算中的缝洞雕刻技术要求、方法和流程，地质储量估算，缝洞体雕刻法地质储量估算参数确定原则，储量状态界定，技术可采储量估算，经济可采储量估算和储量综合评价等要求。

本标准适用于碳酸盐岩缝洞型油气藏的探明、控制、预测储量估算与评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅标注日期的版本适用于本文件。凡是不标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 19492	油气矿产资源储量分类
DZ/T 0217	石油天然气储量估算规范
SY/T 5367	石油可采储量计算方法
SY/T 5386	裂缝型油气藏储量计算细则
SY/T 5838	陆上油气探明经济可采储量评价细则
SY/T 6098	天然气可采储量计算方法
SY/T 6580	石油天然气勘探开发常用量和单位

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

洞穴 cave

由岩溶作用形成，大小悬殊，分布不均，直径大于100mm，是碳酸盐岩缝洞型油气藏的主要储集空间。

3.2

孔洞 vuggy

由小洞和孔隙组合而成，直径小于100mm，是仅次于洞穴的油气藏重要储集空间。

3.3

裂缝 fracture

可分为构造缝、溶蚀缝、成岩缝等，其中构造缝、溶蚀缝是碳酸盐岩沟通洞穴、孔洞的主要渗流和连通通道。

3.4

缝洞单元 fracture-cavity unit

一个或若干个由裂缝网络沟通的洞穴、孔洞所组成的具有统一压力系统的流动单元；也可以定义为相对独立控制油水运动的缝洞储集体。缝洞单元是动用地质储量估算的基本单元。

3.5

缝洞系统 united fracture-cavity

受同一岩溶发育背景（构造、断裂、地貌、水系、沉积相带）控制的缝洞储层集中发育区，由一个或多个相关联的缝洞单元构成。缝洞系统是探明地质储量估算的基本单元。

3.6

缝洞带 fracture-cavity zone

受相似或同一岩溶发育背景（构造、断裂、地貌、水系、沉积相带）控制、具有较大延展规模的缝洞发育带，由一个或多个缝洞系统构成。缝洞带是控制和预测地质储量估算的基本单元。

3.7

储量估算工区 target block of reserves

指估算储量的工区范围，该范围内已进行了三维地震采集处理，并且内部有油气井控制，其边界由三维地震采集工区边界、矿业权线、断层、有利沉积相带、有利储层边界等共同确定。

3.8

碳酸盐岩缝洞型油气藏 fracture-cavity carbonate reservoir

指由岩溶作用形成的碳酸盐岩缝洞型储层构成的油气藏，储集空间主要由洞穴、孔洞和裂缝组成。油气沿不整合面或层序界面规模分布，不受局部构造控制，平面上整体含油气，局部油气富集，纵向上无统一的油（气）水界面，油气呈准层状分布，储层空间分布非均质性强。

3.9

地质储量动用程度 producing degree of discovered petroleum initially in place

根据储量计算单元内缝洞单元的雕刻成果，估算投产井（或试采井）所动用的缝洞单元地质储量，即为已动用地质储量，已动用地质储量占总地质储量的百分比，即为储量动用程度。

3.10

缝洞体雕刻法 fracture-cavity space delineation

在高精度三维地震资料解释成果的基础上，利用缝洞雕刻技术对碳酸盐岩缝洞型储集体的空间分布形态进行立体雕刻描述，并确定储量估算的含油（气）面积、有效厚度、孔隙度等参数的一种容积法储量估算方法。

4 缝洞雕刻技术要求、方法与流程

4.1 技术要求

缝洞雕刻必须是在三维地震保幅资料基础上，完成了叠前时间偏移或叠前深度偏移处理，成果资料在信噪比、缝洞储层成像、目的层波组特征、主频率、频带等方面能够满足断裂构造解释与缝洞储层雕刻需求。

4.2 缝洞雕刻方法与流程

4.2.1 缝洞雕刻方法

缝洞雕刻方法包括：

- 地震属性体与地震反演体相结合的地震缝洞雕刻方法；
- 地质建模的地震缝洞雕刻方法。

以上两种方法根据工区资料情况与研究程度选择使用。

4.2.2 地震属性体与地震反演体相结合的地震缝洞雕刻方法

该方法的关键是地震属性体与地震反演体相结合进行缝洞雕刻，雕刻流程见图1。包括：

- 依据保真地震数据体，结合储层井震标定，识别出有效储层的地震反射特征并进行分类；
- 在地震敏感属性优选与雕刻阈值测试的基础上，雕刻出不同储层类型地震相的三维几何形态；
- 开展井震联合反演，求取地震有效孔隙度体；
- 将分类地震相几何形态雕刻成果和对应的地震有效孔隙度体相融合并求取交集，得到分类储层有效孔隙度体；
- 依据储量计算单元划分成果，利用分类储层有效孔隙度体求取储量计算单元内不同储集空间的面积、有效厚度及有效孔隙度，编制图件。

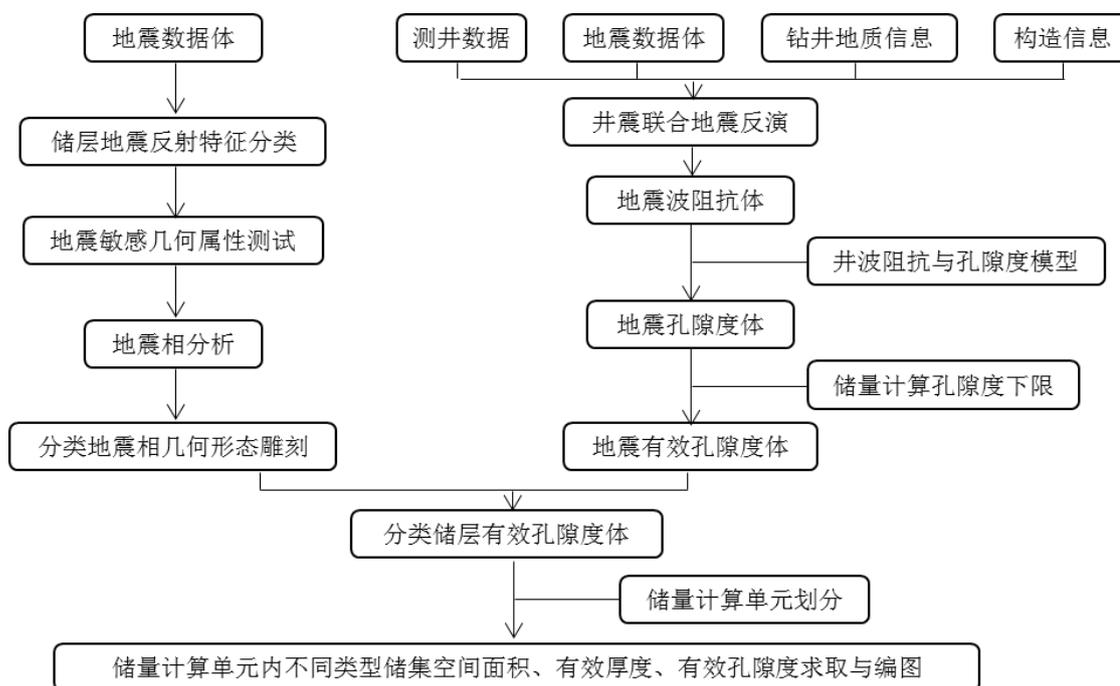


图1 地震属性体与地震反演体相结合的地震缝洞雕刻流程图

4.2.3 地质建模的地震缝洞雕刻方法

该方法是将地质建模思路引入到地震缝洞雕刻中，雕刻流程图见图2。包括：

- 依据保真地震数据体，结合储层井震标定，识别出有效储层的地震反射特征并进行分类；

- b) 在地震敏感属性优选与雕刻阈值测试的基础上，雕刻出不同储层类型地震相的三维几何形态；
- c) 在地质建模思路指导下，将不同储层类型地震相三维几何形态转变为缝洞体三维几何结构模型；
- d) 开展井震联合地震反演，求取地震波阻抗约束建模体；
- e) 在单井测井建模与地震波阻抗约束建模基础上，结合缝洞体三维几何结构模型，得到缝洞体有效孔隙度地质模型；
- f) 依据储量计算单元划分结果，利用分类储层有效孔隙度体求取储量计算单元内不同储集空间的面积、有效厚度及有效孔隙度，编制图件。

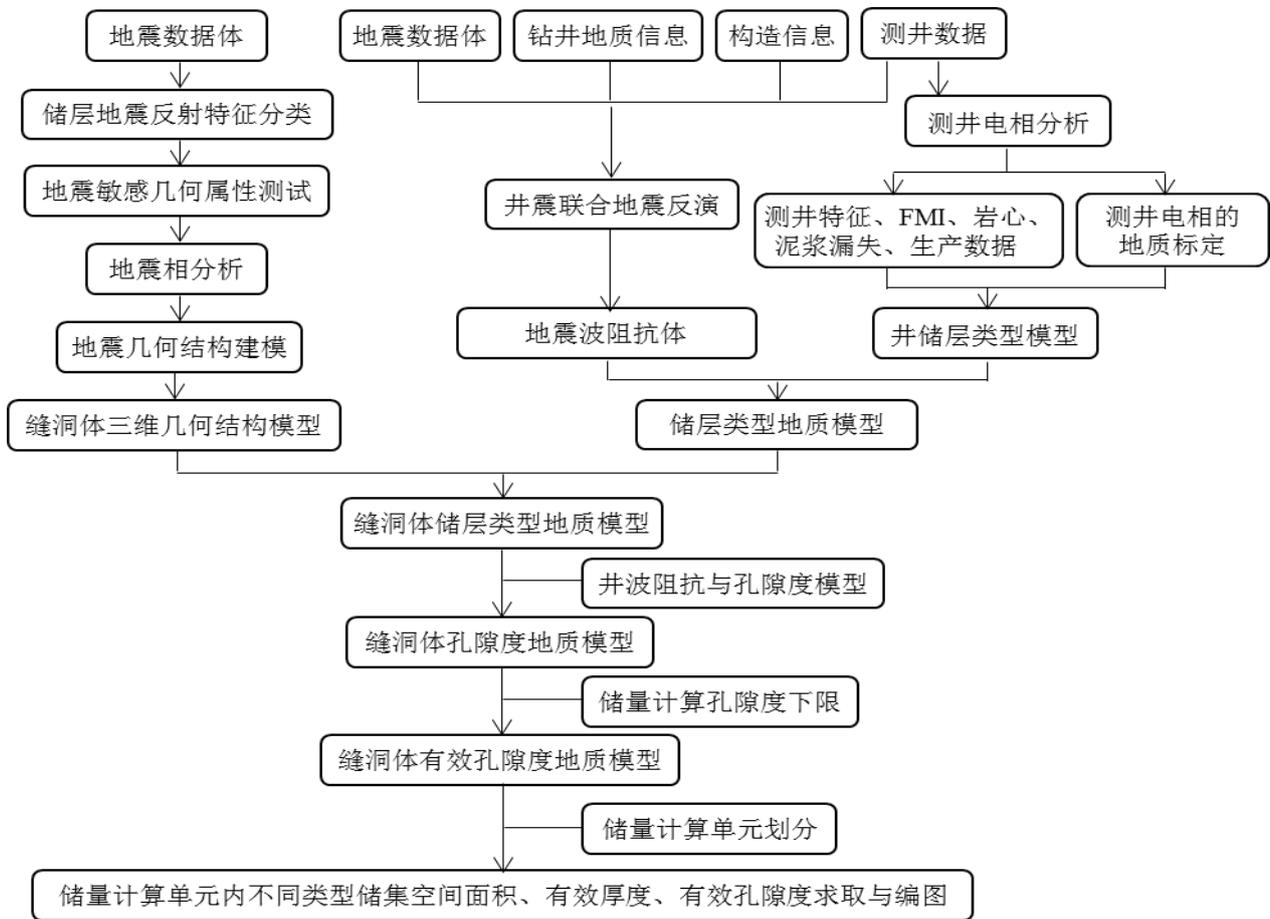


图2 地质建模的地震缝洞雕刻流程图

5 地质储量估算

按照《GB/T19492 油气矿产资源储量分类》划分的探明地质储量、控制地质储量、预测地质储量及有关规定，进行储量估算。

按照《DZ/T 0217 石油天然气储量估算规范》，储量估算包括新增、复算、核算、标定和结算等5种情形，具体要求见附录D。

5.1 储量起算标准

储量起算标准为油气藏在不同埋藏深度下单井日产量下限，是进行储量估算应达到的最低经济条件。缝洞型碳酸盐岩油气藏可根据本地区价格和成本等为依据，测算求得只回收开发井投资的单井日产量下限；也可用平均的操作费和油价求得平均井深的单井日产量下限，再根据实际井深求得不同井深的单井日产量下限。估算的单井稳定日产量下限不能低于石油天然气储量估算规范（DZ/T 0217）中规定的储量起算标准。

5.2 储量估算应具备的条件

各级储量勘探开发程度和地质认识程度应满足表1、表2的要求，是进行储量估算地质可靠程度的基本条件。

表1 探明地质储量勘探开发程度和地质认识程度要求

储量类型		探明地质储量
勘探开发程度	地震	1.已完成适合开展地震反演的三维地震； 2.开展了保幅叠前偏移处理； 3.开展了高精度的地震标定、精细构造解释（解释密度1线×1道）； 4.针对缝洞型储层开展了有效的地震反演、地震储层预测，钻井验证储层预测吻合率≥80%； 5.已进行缝洞体有效储层雕刻。
	钻井	1.已完成评价井钻探，探明储量含油（气）面积内至少有1/3以上预探井/评价井钻穿油气藏底界，平面分布较均匀，能控制油气水分布； 2.完钻部分开发井，满足编制开发方案或开发概念设计的要求； 3.缝洞系统内井距油藏不大于4km、气藏不大于6km，针对试采效果好的缝洞系统可以适当放宽井距； 4.小型及以上油气藏油气层段有岩心资料，中型及以上油气藏油气层段基本有一个完整的取心剖面，岩心收获率应能满足对测井资料标定的需求。
	测井	1.应有合适的测井系列，能满足解释储量估算参数的需要； 2.对缝洞型储层进行了特殊项目测井（电成像测井或远探测声波测井等），能有效的划分渗透层、裂缝段或其它特殊岩层； 3.已建立可信的测井解释模型、流体性质判别和有效储层下限评价标准。
	测试	1.评价井已完成测试，取全取准产能、流体性质、温度和压力资料； 2.中型及以上油气藏，已获得有效厚度下限层试油资料或产液剖面资料； 3.典型井应有单井试采资料并获得稳定产能。
	分析化验	1.已取得孔隙度、渗透率、岩电等岩心分析资料； 2.取得了流体分析及合格的高压物性分析资料； 3.稠油油藏已取得粘温曲线。

地质认识程度	<p>1.构造特征清楚、主要断裂分布已查明,提交了由钻井资料校正的 1:10000~1:25000 油气层或储集体顶面(或底面)构造图;</p> <p>2.已查明油气层的储集类型、储层物性、储层厚度的分布特征;</p> <p>3.油气藏类型、驱动类型、温度及压力系统、流体性质及其分布、产能等清楚;</p> <p>4.储量估算参数合理,可靠程度高;</p> <p>5.选择国内外相似油气藏开展类比参数分析,为碳酸盐岩油气藏采收率确定提供类比依据;</p> <p>6.已有以开发概念设计为依据的经济评价。</p>
--------	---

表 2 控制和预测地质储量勘探程度和地质认识程度要求

储量类型		控制地质储量	预测地质储量
勘探程度	地震	<p>1.已完成适合开展地震反演的三维地震;</p> <p>2.开展了保幅叠前偏移处理;</p> <p>3.构造解释密度不低于2线×2道;</p> <p>4.针对缝洞型储层开展了地震反演、地震属性研究,钻井验证储层预测吻合率≥50%;</p> <p>5.已进行缝洞体有效储层雕刻。</p>	<p>1.已完成适合开展属性研究的三维地震;</p> <p>2.开展了保幅叠前偏移处理;</p> <p>3.构造解释密度不低于4线×4道;</p> <p>4.针对缝洞型储层开展地震属性研究;</p> <p>5.已进行缝洞体几何形态雕刻。</p>
	钻井	<p>1.每个缝洞带至少有1口工业油气流井;</p> <p>2.储量估算工区及邻近区块有1/3探井/评价井钻穿计算油底,基本控制油气水界面;</p> <p>3.本工区主要含油气层段有代表性岩心。</p>	<p>1.至少1口探井在储量估算工区内获油气流;</p> <p>2.如果本工区钻井未钻穿计算油底,可参考邻区资料;</p> <p>3.本工区或邻区目的层有取心。</p>
	测井	<p>1.采用适合本工区特点的测井系列,解释了油、气、水层及其它特殊岩性段;</p> <p>2.针对缝洞型储层,少量井有特殊项目测井(如成像测井);</p> <p>3.初步建立测井解释模型。</p>	<p>1.采用本工区或邻区合适的测井系列,初步解释了油、气、水层;</p> <p>2.测井解释方法合理适用。</p>
	测试	<p>1.已进行油气层测试,取得了部分井产能、流体性质、温度和压力资料;</p> <p>2.已有井投入试采。</p>	油气层段有测试资料。
	分析化验	<p>1.进行了常规岩心分析及必要的特殊岩心分析;</p> <p>2.取得了油、气、水性质及高压物性等分析资料。</p>	<p>1.有本工区或邻区的岩心分析资料;</p> <p>2.取得了本工区或邻区油、气等流体资料。</p>

地质认识程度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已基本查明构造特征，提交了由钻井资料校正的1:25000-1:50000的油气层或储集体顶面（或底面）构造图； 2. 已初步了解油气层的储集类型、储层物性、储层厚度的分布特征； 3. 已初步确定油气藏类型、油气层分布、流体性质及分布； 4. 综合确定了储量估算参数，可靠程度中等； 5. 完成了开发概念设计。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已基本查明构造特征，提交了由钻井资料校正的1:50000-1:100000的油气层或储集体顶面（或底面）构造图； 2. 通过对三维地震信息的研究，获得了储层、油气相关的结论； 3. 已明确油气的层位、岩性、储层特征； 4. 可采用类比法确定储量估算参数，可靠程度低； 5. 已初步确定油气藏类型、油气层分布。
--------	---	---

5.3 储量计算单元划分原则

储量计算单元划分原则如下：

- a) 依据缝洞雕刻成果、流体性质、储层类型等，探明地质储量以缝洞系统作为计算单元，控制、预测地质储量以缝洞带作为计算单元。
- b) 平面上在储量估算工区范围内，根据缝洞体雕刻成果划出缝洞带、缝洞系统、缝洞单元，确定储量估算的平面单元。探明储量边部有效井到边界距离过大时，以有效井外推2倍开发井距划定储量估算边界。
- c) 含油（气）面积跨2个及以上的矿业权证或省份的，应分开划计算单元。
- d) 含油（气）面积与自然保护区等禁止勘查开采区域有重叠的，应分重叠区和非重叠区划计算单元。
- e) 纵向上一般按油气层集中发育段划分储量估算的纵向单元：
 - 1) 已查明为统一油气水系统的，一般划为一个单元；
 - 2) 当油气层段纵向上岩性、物性、储集体特征、流体特征等有明显变化时，可细分单元；
 - 3) 当油气层段厚度大于200m时，一般应根据油气层段的发育情况和岩性变化情况细分单元，储层纵向连续性好时可适当放宽。

各计算单元按不同储集空间类型（洞穴型、孔洞型、裂缝型）分别进行估算。

5.4 地质储量估算方法

5.4.1 地质储量估算方法概述

碳酸盐岩缝洞型油气藏地质储量估算采用缝洞雕刻容积法，根据油气藏情况或资料情况也可采用动态法。储量估算公式中符号名称和计量单位见附录A，符合《石油天然气勘探开发常用量和单位》（SY/T 6580）。

5.4.2 缝洞体雕刻法

缝洞体雕刻法估算公式如下：

- a) 油藏地质储量估算公式

原油地质储量由下式估算：

$$N=100A_o h \phi S_{oi}/B_{oi} \dots\dots\dots (1)$$

或

$$N=A_o h S_{of} \dots\dots\dots (2)$$

溶解气地质储量大于 $0.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 并可利用时，由下式估算：

$$G_s = 10^{-4} N R_{si} \dots\dots\dots (3)$$

若用质量单位表示原油地质储量时：

$$N_z = N \rho_o \dots\dots\dots (4)$$

当油藏有气顶时，气顶天然气地质储量按气藏或凝析气藏地质储量估算公式估算。

b) 气藏地质储量估算公式

$$G = 0.01 A_g h \phi S_{gi}/B_{gi} \dots\dots\dots (5)$$

或

$$G = A_g h S_{gf} \dots\dots\dots (6)$$

(5) 式中 B_{gi} 用下式求得：

$$B_{gi} = P_{sc} Z_i T / P_i T_{sc} \dots\dots\dots (7)$$

c) 凝析气藏地质储量估算公式

凝析气藏凝析气总地质储量 (G_c) 由 (5) 式计算，(7) 式中 Z_i 为凝析气的偏差系数。

当凝析气藏中凝析油含量大于等于 $100 \text{cm}^3/\text{m}^3$ 或凝析油地质储量大于等于 $1 \times 10^4 \text{m}^3$ 时，应分别估算干气和凝析油的地质储量。估算公式如下：

$$G_d = G_c F_d \dots\dots\dots (8)$$

$$N_c = 0.01 G_c \sigma \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$$F_d = GOR / (GE_c + GOR) \dots\dots\dots (10)$$

$$\sigma = 10^6 / (GE_c + GOR) \dots\dots\dots (11)$$

$$GE_c = 543.15 (1.03 - \gamma_c) \dots\dots\dots (12)$$

若用质量单位表示凝析油地质储量时：

$$N_{cz} = N_c \rho_c \dots\dots\dots (13)$$

当气藏或凝析气藏中总非烃类气含量大于15%或单项非烃类气含量大于以下标准者，烃类气和非烃类气地质储量应分别估算：硫化氢含量大于0.5%，二氧化碳含量大于5%，氮含量大于0.1%。具有油环或底油时，原油地质储量按油藏地质储量估算公式计算。

5.4.3 动态法

动态法计算参照《石油天然气储量估算规范》(DZ/T 0217) 执行。

6 缝洞体雕刻法地质储量估算参数确定原则

6.1 估算底界的确定

估算底界确定原则如下：

- a) 碳酸盐岩缝洞型油气藏计算底界，应以录井、测井资料为基础，以试油、测试资料为依据并结合油、气、水层压力梯度等资料综合确定。
- b) 探明储量以含油（气）面积内钻穿油气藏估算底界的海拔趋势面或平均值合理确定，控制储量以含油（气）面积内及邻区钻穿油气藏估算底界的海拔趋势面或平均值合理确定，预测储量含油（气）面积内若无井钻穿油气藏估算底界，可参考邻区确定。

6.2 含油（气）面积

利用地震、钻井、测井和测试等资料，综合研究油、气、水分布规律和油气藏类型，依据缝洞雕刻成果编制并由钻井资料校正的不同储集空间类型顶面（或底面）构造图，在此基础上确定各储集空间类型的含油（气）面积，确定原则如下：

- a) 储层面积的确定：在储量估算工区范围内，依据缝洞雕刻及储量计算单元划分结果，确定不同储集空间类型的储层面积。
- b) 含油（气）面积的确定：在储层面积范围内依据油气藏地质认识，扣除明确的成藏不利区，分别刻画出不同储集空间类型的含油（气）面积。
- c) 含油（气）面积内存在水井或干井时，求取水（干）井缝洞单元面积占已钻缝洞单元总面积的比例，按此比例扣除储层面积后的含油（气）面积即为最终的含油（气）面积。
- d) 裂缝型储层含油（气）面积取洞穴型储层与孔洞型储层的叠合含油（气）面积。
- e) 含油（气）范围跨2个及以上的矿业权证或省份的，应以矿业权证或省份为界，分开圈定含气面积；
- f) 含油（气）范围与自然保护区等禁止勘查开采区域有重叠的，按重叠区和非重叠区，分开圈定含气面积。

6.3 有效厚度

6.3.1 油气层有效厚度

油气层有效厚度（简称有效厚度），指含油气层系中达到有效厚度下限标准的那部分储层厚度。

6.3.2 探明储量有效厚度

探明储量有效厚度的确定包括以下几个方面：

- a) 有效厚度下限标准确定

- 1) 应分别制定油层、气层划分标准;
- 2) 应以岩心分析资料和测井解释资料为基础,测试资料为依据,在研究岩性、物性、电性与含油性关系后,确定其有效厚度划分的岩性、物性、电性、含油性下限标准;
- 3) 储层性质和流体性质相近的多个小型油藏或气藏,可制定统一的标准;
- 4) 借用相似油气藏下限标准时应论证类比依据;
- 5) 有效厚度标准图版符合率大于80%。

b) 有效厚度划分

- 1) 按洞穴型、孔洞型、裂缝型不同储集空间类型确定有效厚度;
- 2) 以测井解释资料划分有效厚度时,应对有关测井曲线进行必要的井筒环境(如井径变化、泥浆侵入等)校正和不同测井系列的归一化处理;
- 3) 有效厚度的起算厚度为0.2m-0.4m,夹层起扣厚度为0.2m。

c) 单井有效厚度确定

缝洞型碳酸盐岩钻井过程中经常出现放空、漏失等复杂情况,导致部分钻揭井段无测井资料或未能钻穿油气层,单井有效厚度需要综合测井解释、钻录井分析、井震反演预测等资料合理求取。

单井有效厚度=实钻测井有效厚度+实钻无测井段有效厚度+延拓有效厚度:

- 1) 实钻测井有效厚度:油气层井段范围内测井资料齐全、解释可靠时,取测井解释有效厚度;
- 2) 实钻无测井段有效厚度:放空井段直接确定为洞穴型储层,全部放空段为洞穴型储层的有效厚度;发生强烈漏失导致无测井资料时,可根据本区块及邻区类似井段测井解释值标定,结合井震反演预测结果进行综合赋值;
- 3) 延拓段有效厚度:指未钻穿油气层底的井段,结合井震反演预测结果或按延拓段相对应的平均净毛比求取,对延拓段有效厚度要结合本区或邻区资料充分论证合理性;
- 4) 含延拓段的单井有效厚度应不大于本区或邻区有效厚度的平均值。

d) 储量计算单元有效厚度确定

不同储集空间类型的有效厚度利用单井有效厚度约束的缝洞雕刻数据体求取。等值线面积权衡法、井点面积权衡法、井点算术平均法可作为参考。

6.3.3 控制储量有效厚度

控制储量有效厚度的确定包括以下几个方面:

a) 有效厚度下限标准确定

- 1) 应分别制定油层、气层划分标准;
- 2) 应以岩心分析资料和测井解释资料为基础,测试资料为依据,在研究岩性、物性、电性与含油性关系后,确定其有效厚度划分的岩性、物性、电性、含油性下限标准;
- 3) 依据类比区油(气)层有效厚度的岩性、物性、电性及含油性标准确定。

b) 有效厚度划分

- 1) 按洞穴型、孔洞型、裂缝型不同储集空间类型确定有效厚度;
- 2) 以测井解释资料划分有效厚度时,应对有关测井曲线进行必要的井筒环境(如井径变化、泥浆侵入等)校正和不同测井系列的归一化处理;
- 3) 有效厚度的起算厚度为0.2m-0.4m,夹层起扣厚度为0.2m。

c) 单井有效厚度确定

缝洞型碳酸盐岩钻井过程中经常出现放空、漏失等复杂情况,导致部分钻揭井段无测井资料或未能钻穿油气层,单井有效厚度需要综合测井解释、钻录井分析、井震反演预测等资料合理求取。

单井有效厚度=实钻测井有效厚度+实钻无测井段有效厚度+延拓有效厚度:

- 1) 实钻测井有效厚度：油气层井段范围内测井资料齐全、解释可靠时，取测井解释有效厚度；
- 2) 实钻无测井段有效厚度：放空井段直接确定为洞穴型储层，全部放空段为洞穴型储层的有效厚度；发生强烈漏失导致无测井资料时，可根据本区块及邻区类似井段测井解释值标定，结合井震反演预测结果进行综合赋值；
- 3) 延拓段有效厚度：指未钻穿油气层底的井段，结合井震反演预测结果或按延拓段相对应的平均净毛比求取，对延拓段有效厚度要结合本区或邻区资料充分论证合理性。
- 4) 含延拓段的单井有效厚度应不大于本区或邻区有效厚度的平均值。

d) 储量计算单元有效厚度确定

不同储集空间类型的有效厚度利用单井有效厚度约束的缝洞雕刻数据体求取。等值线面积权衡法、井点面积权衡法、井点算术平均法可作为参考。

6.3.4 预测储量有效厚度

预测储量有效厚度的确定包括以下几个方面：

a) 有效厚度下限标准确定

依据探井油（气）层的岩性、物性、电性、含油性及试油（气）资料综合确定。

b) 有效厚度划分

按洞穴型、孔洞型、裂缝型不同储集空间类型确定有效厚度。

c) 单井有效厚度确定

1) 缝洞型碳酸盐岩钻井过程中经常出现放空、漏失等复杂情况，导致部分钻揭井段无测井资料或未能钻穿油气层，单井有效厚度需要综合测井解释、钻录井分析、井震反演预测等资料合理求取。可类比借用探明储量、控制储量单井有效厚度确定方法。

2) 依据本区或邻区的有效厚度图版确定；

3) 特殊情况下可依据录井和测试结果确定。

d) 储量计算单元有效厚度确定

等值线面积权衡法、井点面积权衡法、井点算术平均法综合求取。

6.4 有效孔隙度

6.4.1 有效孔隙度含义

储量估算中所用的有效孔隙度是指有效厚度段的地下有效孔隙度。

6.4.2 探明储量有效孔隙度

探明储量有效孔隙度的确定包括以下几个方面：

a) 有效孔隙度下限标准确定

有效储层孔隙度下限应利用岩心、测试、测井等资料，通过多种方法综合确定。储量估算中所用的有效孔隙度是指有效厚度段的地下有效孔隙度。

b) 单层有效孔隙度确定

1) 缝洞型碳酸盐岩储层必须分不同储集空间类型确定孔隙度；

2) 有效孔隙度可直接利用岩心分析资料，也可用测井解释确定，测井解释孔隙度与岩心分析孔隙度的相对误差不超过±8%；

3) 当无岩心分析孔隙度时, 可利用多种测井孔隙度相互对比验证后综合确定。

c) 单井有效孔隙度确定

1) 实钻测井有效孔隙度: 油气层井段范围内测井资料齐全、解释可靠时, 取测井解释有效孔隙度;

2) 实钻无测井段有效孔隙度: 钻井发生放空、强烈漏失的井段, 孔隙度参数取本区及邻区内放空、漏失段测井解释平均值, 无测井资料时参考钻时确定;

3) 延拓段有效孔隙度: 未钻穿油气层底的井段, 结合井震反演预测结果确定延拓段有效孔隙度;

4) 单井有效孔隙度采用有效厚度权衡法计算。

d) 储量计算单元有效孔隙度确定

不同储集空间类型的有效孔隙度利用单井有效孔隙度约束的缝洞雕刻数据体求取。等值线面积权衡法、井点面积权衡法、井点算术平均法可作为参考。

6.4.3 控制储量有效孔隙度

控制储量有效孔隙度的确定包括以下几个方面:

a) 有效孔隙度下限标准确定

有效储层孔隙度下限应利用岩心、测试、测井等资料, 通过多种方法综合确定。

b) 单层有效孔隙度确定

1) 缝洞型碳酸盐岩储层必须分不同储集空间类型确定孔隙度;

2) 有效孔隙度可直接利用岩心分析资料, 也可用测井解释确定, 测井解释孔隙度与岩心分析孔隙度的相对误差不超过 $\pm 8\%$;

3) 当无岩心分析孔隙度时, 可利用多种测井孔隙度相互对比验证后综合确定。

c) 单井有效孔隙度确定

1) 实钻测井有效孔隙度: 油气层井段范围内测井资料齐全、解释可靠时, 取测井解释有效孔隙度;

2) 实钻无测井段有效孔隙度: 钻井发生放空、强烈漏失的井段, 孔隙度参数取本区及邻区内放空、漏失段测井解释平均值, 本区及邻区内无测井资料时参考钻时确定;

3) 延拓段有效孔隙度: 未钻穿油气层底的井段, 结合井震反演预测结果确定延拓段有效孔隙度;

4) 单井有效孔隙度采用有效厚度权衡法计算。

d) 储量计算单元有效孔隙度确定

不同储集空间类型的有效孔隙度利用单井有效孔隙度约束的缝洞雕刻数据体求取。等值线面积权衡法、井点面积权衡法、井点算术平均法可作为参考。

6.4.4 预测储量有效孔隙度

预测储量有效孔隙度的确定包括以下几个方面:

a) 有效孔隙度下限标准确定

1) 有效储层孔隙度下限应利用岩心、测试、测井等资料, 通过多种方法综合确定;

2) 缺乏取心或测试资料可类比邻区确定的有效孔隙度下限。

b) 单层有效孔隙度确定

1) 缝洞型碳酸盐岩储层必须分不同储集空间类型确定孔隙度;

2) 缺乏取心资料的井采用邻区已建立的经验公式求取或应用测井解释成果求取。

c) 单井有效孔隙度确定

- 1) 实钻测井有效孔隙度：油气层井段范围内测井资料齐全、解释可靠时，取测井解释有效孔隙度；
 - 2) 实钻无测井段参数取本区及邻区的测井解释成果求取；
 - 3) 单井有效孔隙度采用有效厚度权衡法计算。
- d) 储量计算单元有效孔隙度确定
缝洞体雕刻法、等值线面积权衡法、井点面积权衡法、井点算术平均法综合求取。

6.5 原始含油气饱和度

原始含油气饱和度的确定包括以下几个方面：

- a) 含油气饱和度下限的确定
利用本区或邻区相渗资料确定含油气饱和度下限。
- b) 单层含油气饱和度确定：
 - 1) 缝洞型碳酸盐岩油气藏应分不同储集空间类型确定含油气饱和度；
 - 2) 中型以上油气田（藏）用测井解释资料确定含油气饱和度时，应有本区及邻区实测的岩电实验数据及地层水电阻率资料；
 - 3) 裂缝型储层的含油气饱和度根据室内实验结果确定，或者借鉴相似油田、或者利用经验值取值，取值不大于 90%
- c) 单井含油气饱和度确定
 - 1) 实钻测井含油气饱和度：油气层井段范围内测井资料齐全、解释可靠时，取测井解释有效孔隙含油气饱和度；
 - 2) 实钻无测井段含油气饱和度：钻井发生放空、强烈漏失的井段，含油气饱和度参数取本区及邻区内放空、漏失段测井解释平均值，无测井资料时参考钻时确定；
 - 3) 延拓段含油气饱和度：未钻穿油气层底的井段，结合井震反演预测结果确定延拓段含油气饱和度；
 - 4) 洞穴型、孔洞型储层的单井含油气饱和度采用有效厚度段孔隙体积权衡法求取，裂缝型储层的含油气饱和度采用算术平均法计算，取值不大于 90%。
- d) 储量计算单元含油气饱和度确定
含油气饱和度采用井点算术平均法计算，等值线面积权衡或井点面积权衡法作参考。

6.6 原始体积系数

原始体积系数的确定包括以下几个方面：

- a) 原始原油体积系数，指原始地层条件下原油体积与地面标准条件下脱气原油体积比值。
 - 1) 中型以上油藏，应在评价勘探阶段井下取样或地面配样获得高压物性分析资料；
 - 2) 原油性质变化较大的油藏，应分别取得不同性质的代表性油样做高压物性分析；
 - 3) 小型以下油藏可利用建立的合理关系式求取。
- b) 原始天然气体积系数由公式（7）求得。
 - 1) 原始地层压力（ P_i ）和地层温度（ T ）是指折算气藏中部深度的地层压力和地层温度；
 - 2) 原始气体偏差系数（ Z_i ）可由实验室气体样品测定，也可根据天然气组分和相对密度计算求取。

6.7 气油比

气油比的确定包括以下几个方面：

- a) 中型以上油田（藏）的原始溶解气油比，应在评价勘探阶段从井下取样做高压物性分析测定；

- b) 凝析气藏和小型以下油田（藏），可用合理工作制度下的稳定生产气油比；
- c) 储量计算单元平均气油比可采用等值线面积权衡法、算术平均法或井点面积权衡法确定。

6.8 原油（凝析油）密度

原油（凝析油）密度应在油（气）田不同部位取得一定数量有代表性的地面油样分析测定。原油（凝析油）密度采用等值线面积权衡法、算术平均法或井点面积权衡法求取储量计算单元平均值。

6.9 缝洞体雕刻法地质储量估算图件要求

缝洞体雕刻法地质储量估算图件要求如下：

- a) 不同级别储量报告中所需的插图、插表、附图附表册，参考常规油气储量报告的有关规定和编写标准，在此不详述。
- b) 本计算方法除常规图件要求外，突出缝洞雕刻法关键图件，参见附录C。

7 储量状态界定

参照《油气矿产资源储量分类》（GB/T 19492）和《石油天然气储量估算规范》（DZ/T 0217）执行。

8 技术可采储量估算

在不同的开发状态，采用不同的估算方法。

8.1 技术可采储量估算公式

未开发状态和油气田开发初期的技术可采储量估算，一般是根据估算的地质储量和确定的采收率，按下列公式估算可采储量。

$$N_r = NE_r \dots\dots\dots (14)$$

$$G_r = GE_r \dots\dots\dots (15)$$

注：估算公式中参数名称、符号、计量单位及取值位数参见附录A。

已开发状态的技术可采储量估算，是在油气田投入开发生产一段时间后，一般直接用开发井的生产数据估算，主要估算方法是产量递减法、物质平衡法、数值模拟法和水驱特征曲线法；也可用探边测试法和其他经验统计法估算。一般来说，已开发技术可采储量所对应的截止点参数值如压力、产量和含水是为人为经验给定的，而非本油田的实际经济参数估算出的。

8.2 采收率确定方法

按照石油天然气储量估算规范（DZ/T 0217）、石油可采储量计算方法（SY/T 5367）、天然气可采储量计算方法（SY/T 6098）标准执行。

9 经济可采储量估算

经济可采储量评价方法主要包括现金流法、经济极限法。一般情况下在未开发油气田或区块的新增储量，宜采用现金流法进行经济评价并估算经济可采储量。已开发油气田或区块的新增、复算、核算、结算及动态法估算技术可采储量的，可采用经济极限法进行经济评价并估算经济可采储量。

具体估算要求，按照石油天然气储量估算规范（DZ/T 0217）、陆上油气探明经济可采储量评价细则（SY/T 5838）标准执行。

10 储量综合评价

对油（气）田（藏）储量规模和品位等的地质综合评价，执行石油天然气储量估算规范（DZ/T 0217）的规定。

附录 A

(规范性附录)

储量估算公式中参数名称、符号、计量单位及取值位数

表A.1 储量估算公式中参数名称、符号、计量单位及取值位数

参 数			取值位数	
名 称	符号	计量单位	探明	控制、预测
含气面积	A_g	平方千米	小数点后二位	小数点后一位
含油面积	A_o	平方千米	小数点后二位	小数点后一位
原始天然气体积系数	B_{gi}	量纲为 1	小数点后五位	小数点后五位
原始原油体积系数	B_{oi}	量纲为 1	小数点后三位	小数点后三位
采收率	E_R	小数	小数点后三位	小数点后两位
凝析气藏干气摩尔分量	F_d	小数	小数点后三位	小数点后三位
气藏气地质储量	G	亿立方米	小数点后二位	小数点后二位
凝析气总地质储量	G_c	亿立方米	小数点后二位	小数点后二位
凝析气藏干气地质储量	G_d	亿立方米	小数点后二位	小数点后二位
凝析油的气体当量体积	GE_c	立方米每立方米	整数	整数
凝析气油比	GOR	立方米每立方米	整数	整数
气藏气可采储量	G_R	亿立方米	小数点后二位	小数点后二位
溶解气地质储量	G_S	亿立方米	小数点后二位	小数点后二位
有效厚度	H	米	小数点后一位	小数点后一位
原油地质储量	N, N_z	万立方米, 万吨	小数点后二位	整数
凝析油地质储量	N_G, N_{GZ}	万立方米, 万吨	小数点后二位	整数
原油可采储量	N_o, N_{oR}	万立方米, 万吨	小数点后二位	小数点后一位
原始地层压力	P_i	兆帕	小数点后三位	小数点后二位
地面标准压力	P_{sc}	兆帕	小数点后三位	小数点后三位
原始溶解气油比	R_{si}	立方米每立方米	整数	整数
气藏气单储系数	S_{gf}	亿立方米每平方千米米	小数点后二位	小数点后二位
原油单储系数	S_{of}	万立方米每平方千米米	小数点后二位	小数点后二位
原始含气饱和度	S_{gi}	小数	小数点后三位	小数点后二位
原始含油饱和度	S_{oi}	小数	小数点后三位	小数点后二位
地层温度	T	开尔文	小数点后二位	整数
地面标准温度	T_{sc}	开尔文	小数点后二位	整数
原始气体偏差系数	Z_i	量纲为 1	小数点后三位	小数点后三位
凝析油相对密度	γ_c	量纲为 1	小数点后三位	小数点后三位
凝析油密度	ρ_c	吨每立方米	小数点后三位	小数点后三位
原油密度	ρ_o	吨每立方米	小数点后三位	小数点后三位
凝析油含量	σ	立方厘米每立方米	整数	整数
有效孔隙度	ϕ	小数	小数点后三位	小数点后三位

附 录 B

(规范性附录)

地震资料品质及对缝洞雕刻量化成果的质控要求

- B.1 地震资料品质：**地震资料采集精度、环节、处理解释成像品质、信噪比、频宽、主频条件要求。
- B.2 缝洞雕刻量化成果质控要求：**地震资料确保目标缝洞体与围岩存在明显地球物理特征差异，以便将缝洞体空间边界刻画清楚；地震资料品质确保储量估算时孔隙度和厚度的解释、反演面积的精度符合要求，还需测井与测试资料的相互验证；井震匹配问题；用地震属性体与反演体相结合来确定储层面积、厚度、孔隙度时，要将储层上下围岩厚度等定量化参数确定下来。井震标定既要考虑纵向又要考虑横向，井震标定趋势一致，数值相当，地震储层预测应符合5.2（表1、表2）的要求。
- B.3 地震野外采集采用充分采样、均匀采样、对称采样的设计理念，**野外采集环节通过宽方位、较高密度三维地震采集技术方法提高原始资料品质。
- B.4 针对碳酸盐岩各向异性强，波场复杂，偏移及保幅难度大的特点，**地震资料处理环节通过井控处理、高密度速度分析、各向异性叠前深度偏移高保真成像等技术提高地震资料保真度及“缝洞”偏移成像精度，并采用滤波技术压制噪音，解决低信噪比问题，获得高品质的地震资料。
- B.5 要有高精度的波阻抗反演体，1-2个子波长内单井合成记录标定相关性达到80%以上。**反演结果能够反映碳酸盐岩横向与纵向的非均质性特点，刻画出不同地震相与储层的对应关系与空间展布形态。
- B.6 探明储量应符合缝洞雕刻量化成果质控要求，控制储量、预测储量可参照执行。**

附录 C

(规范性附录)

缝洞体雕刻法储量估算关键图件需求

对缝洞体雕刻法储量估算所必需的图件做出了要求（表C.1），其它图件依据《石油天然气储量估算规范》（DZ/T 0217）执行。

表 C.1 缝洞体雕刻法储量估算关键图件需求

序号	关键图件	不同储量级别编图要求			备注
	名称	探明	控制	预测	
1	典型井储层反射类型地震标定剖面图	√	√	×	
2	储层地震反射特征分类图	√	√	×	对不同储层地震反射类型进行平面属性提取成图
3	典型井储层反演标定剖面图	√	√	×	
4	储量估算工区典型缝洞单元（或缝洞体）立体雕刻图	√	√	×	
5	储量估算工区缝洞系统划分平面图	√	×	×	
6	储量估算工区典型缝洞系统立体雕刻图	√	×	×	
7	储量估算工区缝洞带划分平面图	×	√	√	
8	储量估算工区典型缝洞带立体雕刻图	×	√	√	
9	储量估算工区缝洞体立体雕刻图	√	√	√	依据不同储集空间类型进行有效属性提取进行三维立体成图
10	不同储集空间类型平面分布图	√	√	√	
11	不同储集空间类型含油（气）面积图	√	√	√	
12	不同储集空间类型有效厚度平面图	√	√	×	
13	不同储集空间类型有效孔隙度平面图	√	√	×	

附 录 D
(规范性附录)
油气储量估算情形

油气储量估算包括新增、复算、核算、标定和结算等 5 种情形。

D.1 新增

在油（气）田、区块或层系中首次估算上报的储量为新增。其中首次上报的新增探明地质储量中，新增探明可采储量要与油气田（区块）开发方案设计近期动用（已动用和明后年计划动用）的储量相一致。采收率应与开发方案设计的开发方式及井网条件相匹配。

D.2 复算

在上报新增探明储量后、开发生产井完钻后三年内进行的再次储量估算为复算。油气田投入开发后，应结合开发生产过程对探明储量实施动态估算。储量复算后，在复算核减区如果再次申报探明储量，须投入相应实物工作量并达到探明储量要求。

凡属下列情况之一者，需要进行储量复算，复算结果计入当年净增储量中：

- a) 当独立开发单元或油田主体部位开发方案全面实施 2-3 年后；
- b) 油气藏地质认识发生变化；
- c) 储量估算参数发生明显变化；
- d) 地质储量和可采储量与生产动态资料有明显矛盾。

D.3 核算

储量复算后在开发生产过程中的各次储量估算为核算。随着油气田开发调整工作的深入和对油气田认识程度的提高，应对复算后的投入开发储量进行多次核算，直至油气枯竭。进行核算时，应充分利用开发生产动态资料，估算方法以动态法为主，容积法为辅，提高储量估算精度。

凡属下列情况之一者，需要进行储量核算：

- a) 生产动态资料反映出所算的地质储量和可采储量与生产动态资料有明显矛盾；
- b) 对储层进一步的深入研究及生产实践中表明，原储量估算参数需要作大的修改；
- c) 油、气田钻了成批的加密井、调整井、进行了三维地震或采取重大开发技术措施等之后，或者工艺技术手段有新的突破，储量参数发生重大变化。

D.4 标定

在开发生产过程中，依据开发动态资料和经济条件，对截止上年末及以前的探明技术可采储量和探

明经济可采储量进行重新估算的情形为可采储量标定，简称标定。

D. 4. 1 当年新增储量、复算、核算储量不参于本年度的可采储量标定。

D. 4. 2 油田或区块开发调整措施实施二年后及生产动态资料表明可采储量与产量有明显矛盾时，必须对可采储量进行标定。

D. 4. 3 以开发单元为标定单元，计算单元如部分已开发，应划分为已开发和未开发两个单元，经标定已开发单元可采储量发生变化的，未开发单元的可采储量须重新标定。

D. 4. 4 可采储量标定方法执行行业标准，现行标准不适应的特殊油气藏，可采用专家认定通过的新方法。

D. 4. 5 标定前后探明技术可采储量的变化量符合以下条件之一者，矿业权人编制可采储量标定报告，上报自然资源主管部门进行评审和备案。

- a) 大型油气田的探明技术可采储量变化量 $> \pm 1\%$;
- b) 中型油气田的探明技术可采储量变化量 $> \pm 2\%$;
- c) 小型油气田的探明技术可采储量变化量 $> \pm 5\%$;
- d) 石油可采储量变化量 $> \pm 50$ 万立方米;
- e) 天然气可采储量变化量 $> \pm 50$ 亿立方米。

D. 4. 6 标定前后探明技术可采储量的变化量符合以下条件之一者，矿业权人编制可采储量标定报告，上报自然资源主管部门直接备案。自然资源主管部门可根据工作需要，对矿业权人直接备案的可采储量报告进行抽查。

- a) 大型油气田的探明技术可采储量变化量 $\leq \pm 1\%$;
- b) 中型油气田的探明技术可采储量变化量 $\leq \pm 2\%$;
- c) 小型油气田的探明技术可采储量变化量 $\leq \pm 5\%$;
- d) 石油可采储量变化量 $\leq \pm 50$ 万立方米;
- e) 天然气可采储量变化量 $\leq \pm 50$ 亿立方米。

D. 5 结算

在油气田废弃时进行的储量估算为结算。包括对废弃前的储量与产量清算和剩余未采出储量的核销。

凡属下列情况之一者，需要进行储量结算：

- a) 因油气田或区块的油气已经枯竭、无社会效益和经济效益等原因无法继续开采而废弃的储量。
- b) 因油气平台寿命期限到期、设施老化等原因无法继续开采而废弃的储量。

- c) 因油气田被列入禁止勘查开采区、城市规划区、军事禁区等原因无法继续开采而废弃的储量。
 - d) 因其他不可抗拒的原因，无法继续开采而废弃的储量。
-