

加速气田勘探的方法

〔苏〕M. 另, 济金 B. A. 科兹洛夫 A. A. 普洛特尼科夫



石油工业出版社

070769

加速气田勘探的方法



〔苏〕M. Я. 济金 B. A. 科兹洛夫
A. A. 普洛特尼科夫

陈定宝 译



200404357

石油工业出版社

(京)新登字082号

内 容 提 要

本书以采用工业试采法为基础提出了加速对不同类型气藏(这些气藏或者具有油环,或者凝析油含量较高)勘探的方法,为了加速气田开发前的准备工作,论证了各种气田必要的勘探程度。同时对气田详探过程中如何合理地进行地质矿场地质综合观察工作也进行了分析研究。

本书可供石油地质、矿场地质及从事气田、凝析气田勘探和开发研究工作的科研人员参考。

МЕТОДИКА УСКОРЕННОЙ РАЗВЕДКИ
ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
М.Я.ЗЫКИН В.А.КОЗЛОВ А.А.ПЛОТНИКОВ

Издательство "Недра", 1984

加速气田勘探的方法

〔苏〕М.Я.济金 В.А.科兹洛夫

А.А.普洛特尼科夫

陈定宝 译

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京海淀吴海印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 8¹/₈ 印张 174 千字 印1—1,500

1992年8月北京第1版1992年8月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0711-8/TE·673

定价: 4.45元

前 言

苏联天然气工业发展的高速度决定了必须缩短气田和凝析气田的勘探时间，并应加速准备以便使它们能早日投入开发。在这方面，具有头等重要意义的是如何进一步完善气田的加速勘探法，如何提高设计工作原始资料的质量，怎样以最快速度将气田投入开采，以及怎样对气藏进行合理开发等问题。

对气田、凝析气田及含油气田，象对其它有益矿产的矿藏一样，进行勘探的主要目的是确定它们的工业价值及开发条件。在这种情况下极为重要的是确定某一给定气田必要的勘探程度，并以此为依据确定出对其进行勘探的必要时间。解决这些问题应当考虑的条件有：气田（藏）、含油气田（藏）的开发特点，将它们加速投入开发的必要性及可能性，而最终还应当考虑在这些气田（含油气田）的勘探计划及开发设计中采用的最佳技术——经济指标。

正确考虑上述因素可以使气田及含油气田的勘探工作在资金及时间上花费较少，从而保证这些气田（含油气田）能加速投入开发。在普查—勘探工作一开始就应考虑进行加速勘探必要的各种因素，而在以后的所有阶段，包括工业试采阶段也应该考虑这些因素。根据上述可见，在制定气田（藏）、凝析气田（藏）及含油气田（藏）的勘探方案及以后对这些方案进行修正时，都必须吸收领导这些气田

(藏)开发工作的机构参加。

本书分析研究了对下列各种类型气田(藏)进行加速勘探的各种方法及其原理。这些气田(藏)是纯气藏、具油环的气藏、凝析气藏、结构复杂的气藏、多层气田及含油气田等。笔者特别重视气田(藏)的工业试采工作,把它看作是气田详探的一种方法。

对大型及巨型气田采用稀井网进行加速勘探,随后在开发过程中钻探生产井对它们进行详探,这样,在实际工作中,可在极短时间内获得计算天然气储量及编制可靠开发设计方面所需的一切必要资料。加速勘探大气田及将它们加速投入开发的这种方法被苏联各气区(其中包括西西伯利亚)广泛采用。此法的高度有效性在西西伯利亚北部的麦德维日(Медвежье)气田及乌连戈依气田上明显地反映了出来,赛诺曼阶气藏的开采工作在气藏发现后不久就开始了。由于气田快速投入开发,在国民经济中已经获得了极大的经济效益。

近来,有一种趋势就是广泛采用数学方法来拟定勘探阶段的最佳方案^[17,19],而在这种情况下并没有考虑气田勘探过程中的某些特点,例如在详探阶段利用工业试采的可能性,为了寻找油环必须对气藏边缘地带进行研究等。每个气田(藏)的地质结构,它们的含油气情况及开发特点等都各具特色,所以将气田及含油气田的简单数学模型作为解决勘探设计的主要依据,我们认为是不可靠的。

由于本书篇幅有限,阐述的资料受到了限制。书中对基本原理的论证尽可能详细,而对现有各种假设的论述及对它们的批判分析则缩减到最小限度。

在收集实际资料的过程中，以及在手稿出版的准备工作中，A.M.阿尔图霍娃、E.Π.伊莉娜、H.Π.科索萝季科娃、B.C.萨温采娃、T.H.霍赫洛娃等完成了大量的工作，作者在此对她们表示深切感谢。

M.Я.济金编写了第三章的第一节及第二节，第四章的第三节；B.A.科兹洛夫编写了第四章的第一节及第二节，第五章的第四节及第六章的第一节至第三节；A.A.普洛特尼科夫编写了第二章的第六节及第七节，第四章的第四节，第五章的第二、第三、第五、第六及第七节，第六章的第四节，第八章的第四节至第六节及结论。书的其余章节则为作者们共同编写。

作者向B.C.科罗特科夫、O.K.马卡罗夫、B.B.察列夫、Ю.И.亚科夫列夫、Г.А.涅夫斯基、A.B.波德戈尔诺夫及A.B.谢利尼表示深深的感谢。在本书分析研究问题的过程中引用了他们的许多研究结果。同时作者对在本书编写过程中给予多次帮助及建议的B.И.耶尔马科夫也表示深深的谢意。

目 录

第一章 根据能否采用加速勘探法的条件

对气田(藏)进行分类.....(1)

第二章 气田加速勘探及投入试采的基本准则.....(17)

第一节 总的原则.....(17)

第二节 对各类气田都适用的加速勘探法.....(23)

第三节 新区气田勘探的方法.....(29)

第四节 为了能加速投入工业试采勘探气田(藏)
的方法.....(32)

第五节 在没有可能投入工业试采的条件下气田
的勘探.....(36)

第六节 加速勘探气田过程中的布井方案.....(37)

第七节 对由于加速勘探气田(藏)及缩短其投入
开发的时间而获得的经济效益进行计算
的方法.....(45)

第三章 合理勘探具油环气藏的方法.....(51)

第一节 含气部分及含油部分的
合理勘探程度.....(51)

第二节 勘探带有各种工业意义油环气藏的方法
特点.....(54)

第三节 油环驱动类型不同时探井在油环区的合
理分布.....(59)

第四章 凝析油含量高的凝析气藏

勘探工作的特征…………… (72)

第一节 凝析气藏勘探方法问题的现状…………… (72)

第二节 阐明高含凝析油气藏的典型特征—— 以便能使对这种气藏所进行的详探工 作合理，并可采用保持压力法对其进 行开发…………… (77)

第三节 按照凝析油含量高的凝析气藏开发工作 的现代原则对其勘探工作的要求…………… (79)

第四节 西西伯利亚北部巨型气田上的凝析 气藏的勘探特点及研究现状…………… (81)

第五章 加速勘探复杂结构气藏的合理方法…………… (90)

第一节 根据进行勘探及开发前准备工作的条件 论复杂结构气藏、凝析气藏及含油气藏 的分类问题…………… (90)

第二节 勘探小型复杂结构气藏的方法(以前 高加索地区西部各气田为例)…………… (92)

第三节 采用提前生产井加速详探大型及巨型 复杂结构气藏的方法特点(以乌连戈依 气田赛诺曼阶气藏为例)…………… (100)

第四节 储集性质变化剧烈气藏的勘探方法 及其工业级储量的计算…………… (120)

第五节 在复杂结构气田开发后期为了寻找 “封闭”气存在的死气区合理安排详 探工作问题…………… (126)

第六节 对气水接触面倾斜的大型气藏进行

勘探的合理方法.....	(133)
第七节 非背斜型圈闭气藏的勘探特点(以达乌列塔巴德—顿麦兹气田为例).....	(147)
第六章 分层勘探多层气田及含油气田的合理方法.....	(176)
第一节 多层气田细分勘探层系的决定因素及对其进行分层勘探的准则.....	(176)
第二节 各勘探层系展开钻探的总原则.....	(200)
第三节 在多层气田上对具油环气藏进行普查一勘探工作的特点.....	(203)
第四节 西西伯利亚北部多层气田勘探方式的改进问题.....	(205)
第七章 采用工业试采法对气田进行详探过程中如何合理地进行地质—矿场综合观察.....	(213)
第八章 综合详探多层气田的方法(以乌连戈依气田下白垩统含油凝析气藏为例).....	(222)
第一节 下白垩统气藏详探的任务.....	(222)
第二节 气藏详探的方法.....	(223)
第三节 综合详探下白垩统气藏的布井方案...	(225)
第四节 选择油环工业试采区的标准.....	(228)
第五节 试采区探井及生产井的分布.....	(230)
第六节 油环工业试采过程中研究工作概要...	(235)
结论.....	(240)
参考文献.....	(243)

第一章 根据能否采用加速勘探 法的条件对气田 (藏)进行分类

在本书分类过程中分析研究了决定气田(藏)、凝析气田(藏)、含油气田(藏)工业勘探特征的主要地质及技术—经济因素。它们适用于三组气田(藏);一组可无限制采用加速勘探法,一组可部分采用加速勘探法,另一组则不宜采用加速勘探法(表1)。

构造是一项基础条件,它可靠与否是决定各气田勘探工作特征不同的最重要因素之一。如果准备的构造十分可靠,同时还可可靠地查明了其结构方面的基本要素(走向、大小、两翼倾斜),那么该气田就可以钻很少的井,而勘探结果十分有效,并能快速投入开采。在这种情况下,打探井并对它们进行试采的主要任务就是根据地震及钻井资料研究上、下构造平面图的吻合规律,研究气藏各个部分有效厚度变化及其产能特征。可以举秋明地区北部各大气田为例,这些气田构造大,闭合度大,准备可靠,因而大大简化了它们的工业勘探工作。在扎波利亚尔(Заполярь)、古勃金(Губкин)、乌连戈依、麦德维日及其它气田上,总的说来,构造条件可使普查—勘探期的钻探工作获得十分高的效果。它们之间只在轮廓、两翼及倾没端结构细节等方面存在着某些差别。

克拉斯诺达尔边区各凝析气田〔别列赞斯卡亚(Березанская)、列宁格勒茨卡亚(Ленинградская)等〕的特

气田 (藏) 分组	决定气田 (藏) 工业勘探特征的地质及技术—经济因素						
	构造的可靠性	产层剖面结构	储量大小	气及油的相态	产能	储量计算方法 (适用的)	可能有的驱动类型
可以无限制采用加速勘探法	采用地球物理法查明的构造	简单的	不大及中等	凝析油含量低的气田或凝析气田	产量高	压降法 (概略评价——体积法)	气驱或部分出现弹性水驱
	构造要求钻井证实	复杂的	大或特大	具无工业价值油环的气田	产能各地不同	体积法 (作为验证手段或在个别地区采用压降法)	在天然气需求有限的地方
不宜采用加速勘探法	构造要求采用深钻进行研究	透镜状的	大	油环工业价值不明的、凝析油含量高的、具饱和凝析气系统的	产量低	体积法 (只在开发期间采用压降法)	在天然气需求过剩的地方
							天然气处理要求巨额投资

点也是构造闭合度大，且准备程度极为可靠，因为这些气田也是在上、下各地层构造平面图中没有不吻合情况，同时地震标准层距离储集层比较近。

当构造闭合度小或含气层埋藏较深时要想可靠地确定构造条件则是一个极为复杂的问题。例如，在东一塔尔科萨林（Таркосалин）气田上布置探井前只有赛诺曼阶标准层的地震构造图，钻井资料证实了构造顶部的位置，但由于褶皱幅度较小（30m），根据地震资料获得的构造结构细节比较复杂（存在几个独立的穹窿），不得不用钻井进行验证。这样就大大增加了赛诺曼阶气藏的勘探时间。补充钻探的探井证实，在构造上没有独立的穹窿存在。

甚至面积不大，闭合度不大的隆起常常也要求用深钻来验证它们的结构细节。同时为了确定最初根据地球物理标准层资料确定，但可能有位移的圈闭高点位置，有时不得不钻大量的井。因此，在这种情况下，主要任务是查明圈闭自身情况。例如，戈柳奇金（Горючкин）气田（伏尔加河下游）的下一中石炭统气藏由于隆起幅度较小，而且上、下构造平面图不一致，气藏是在钻了五口探井并进行了测试工作后才查明的。而在克拉斯诺卡梅尚（Краснокамышан）气田上则是在钻了七口井之后查明的。在这种气田详细工业勘探中许多井打的是无价值的。因此，对这类小气田大量利用邻区类似气田的构造结构资料就显得特别重要。而在可以快速，更重要的是廉价地将第一批生产井与正在输气的输气管及用户接上的情况下，一定要将这些生产井投入工业试采。为了避免因钻探新的无价值的探井（及生产井）而出现不当的花费，进一步钻探气田（藏）应该、而且也只能在确定

了天然气的储量后进行（而由此还要确定气藏可能的面积大小）。其依据资料是上述生产井的工业试采结果或者在安排了重复的地震详探工作以后。

因此，对那些采用地球物理法不能十分可靠查明构造条件的气田（藏）来说，采用加速勘探法就受到了限制。但是，如果在评价天然气储量方面，以及在确定气矿建设及确定接通输气管线建设工程所需的基本费用方面，计算中并不可能出现很大误差时，将这样的气田投入工业试采还是极为适宜的。

如果查明构造条件只可能采用深钻（在复杂的地震—地质条件下，在构造平面图随深度位移剧烈的情况下等等），在勘探工作完成前将气藏加速投入工业试采是不适宜的。因为在这种情况下不管是在确定储量方面还是在确定提前生产井的位置及确定建设工程必要的基本费用等方面都可能出现很大的误差。

库兹涅佐夫(Кузнецов)气田(克拉斯诺达尔边区)是一个实例，它不适当地快速投入了工业试采。从侏罗系陆源碎屑地层中获得的天然气强大敞喷是加速输气管道接通工程的依据。但是，由于没有可靠的构造资料不可能十分可靠地评价天然气概略储量、结果就在气藏投入工业试采的同时，该事故井的产量急剧下降，补充钻探的探井没有获得好的结果，最终使加速建设的输气管道接通工程成了无谓的消费。

在产层结构方面可以概略地将气田（藏）剖面划分为简单结构和复杂结构两种。复杂剖面结构气藏一般有下列情况：渗透与低渗透层或薄夹层间互的结构不均一的陆源地层；含有较大的渗透性透镜体，或者具有薄层—透镜状结构

的陆源地层；渗透层与致密层间互的碳酸盐岩；低渗透性、裂缝性化学成因的碳酸盐岩及泥质碳酸盐岩等。此外，复杂结构气藏还可以是构造遮挡型，岩性遮挡型及水动力遮挡型气藏（见表1）。

对如何合理加速勘探复杂结构气藏的方法问题将在后面详述。这里应当指出：对小型及中等储量的复杂结构气藏来说，最有效的方法就是在进行勘探工作的同时采用工业试采法。

在气田结构为分割的区块时，特别是在各区块不是采用地质普查法可靠查明的时候，勘探工作变得极为复杂。在这种情况下，只得在全区进行详细的勘探工作，并根据钻井及测试资料分别研究各区块含气面积的大小及其特征。例如，在奥列伊尼科夫（Олейников）气田上根据地震普查资料没有查明区块结构。只是在全区进行了详细的勘探及钻了近35口探井后才查明该气田上存在着4个独立的区块——两个具含油气藏，两个具纯气藏，它们各有不同的气水接触情况。在卡尔平斯基（Карпинский）长垣顶部地区的其它气田上，如麦热维（Межеви）、普罗梅斯洛夫（Промыслов）、坚古京（Тенгутин）等气田，也是由于区块结构复杂而要求钻更多的探井。

正如第聂伯—顿涅茨盆地各复杂结构气田勘探经验所表明的，在研究各区块气的储量大小及其相互干扰的情况时采用工业试采资料更为有效。例如，在佩列舍平（Перешепин）及克拉斯诺波波夫（Краснопопов）气田上经历了两年试采，确定了天然气储量、各个区块间的连通程度及与水压系统的相互作用。在气田结构这样复杂的条件下，如果仅

仅依赖探井资料，要想达到这样的研究程度，势必要求更长的时间和钻探更大量的井。

为了避免因打深井而不适当地浪费时间及资金，在储量小或中等的复杂结构气田及气藏上，应当对某些位于最大区块及透镜体上的气藏进行地质普查，而它们的详探工作则在工业试采过程中实现。

采用稀井网加速勘探透镜状结构的，但储量很大的气藏是不合适的。因为采用这种方法进行勘探，用体积法计算出的天然气储量可能偏高几倍。雅库特地区哈普恰盖（Ханч_арай）大长垣上二叠—三叠系的勘探结果就是一个典型实例。在这个大长垣上根据稀井网资料的初步评价划分出了一个极大的气水统一的气藏，后来在加密井网后气藏被分为一系列透镜体。

对透镜体结构的大气藏来说，采用工业试采作为勘探方法也是不合适的。因为在这种情况下，要取得可靠的天然气储量及气藏的地下特征等资料就要求钻探更多的提前生产井，并要求极长的试采时间。这样，一般说来，这种气藏投入开发的工作就只能在勘探工作完成及用体积法求得的储量被苏联国家储量委员会批准后进行了。

天然气储量的大小是决定气田可不可以采用加速勘探法的主要因素之一（见表1）。

在已建设好的地区（在构造条件可靠的情况下），对储量较小及中等的气田（藏）一定要采用加速勘探法，因为对这种气田来说很容易使勘探工作超过限度。在对它们进行勘探后必须达到的目的是：已将第一批产气井投入工业试采，并在试采资料的基础上根据压降法计算出了天然气储量及编

制出开发设计。利用大量探井来钻探这样的气田是不允许的。在克拉斯诺达尔边区的许多气田中可找到在勘探小型及中型气田时因不采用工业试采法而效率很低的例子（见第五章）。

几乎所有知名的大型纯气田其构造隆起幅度都比较大，普查工作，首先是地震勘探，就能十分可靠地探明它。在气田发现以后，投入的探井数及其布井方案，则决定于圈闭及气层的地质结构特点以及气田勘探的必要程度。在大气田上那里天然气储集层研究得比较清楚并且相对比较均质〔亚姆布尔格（Ямбург）型、麦德维日型、乌连戈依型、扎波利亚尔型（赛诺曼阶）等气田〕，为了可靠地评价储量及准备其投入开发的条件，要求采用稀井网——一口井控制 100km^2 勘探面积。对于某些气田，它们含气高度比较大、或有几个气藏、或具有油环、或为复杂的区块结构、并由地震资料可靠查明了构造〔加兹林（Газлин）型、乌克蒂尔型、乌连戈依型（白垩系泥欧克姆统）等气田〕，不用说，必然要求比上述气田钻探多得多的探井。但是，它们全都一样，所需要的井如与开采所需要的相比都要少得多。

为了大气田能快速投入生产要进行准备工作，而缩短计算储量及编制开发设计所需要的时间则是这一工作的主要任务。

在大气田勘探的第一阶段，采用稀井网来完成控制储量的工作（主要是 C_1 级储量，部分为 C_2 级），并确定出编制开发设计及气矿建设所必需的参数。大气田详探（第二阶段）的目的是为其投入开发进行准备，这个阶段应该在展开钻探生产井，主要是提前生产井的过程中进行。它处于气田

投入开发的问题被解决以后。采用这样的次序准备气田可以在探井总量不变的条件下以最短的时间评价出准备好的各区大量储量值。这也就有可能在本区选择出气田投入开发的最佳方案，并有根据地提出发展天然气工业的远景规划。秋明地区北部的巨型及大型气田的勘探就是采用这种方法进行的，它保证了麦德维日、温加普尔（Вингапур）及乌连戈依等气田快速投入开发。

这样，对大型及巨型气田的储量计算及开发前的准备工作来说，其主要问题都应当在不采用工业试采的条件下解决。在气田投入开发以后所进行的工业试采（主要根据气藏储量确定）应该用来解决新气藏投入开发前准备工作中遇到的部分问题，对修正开发设计取得更多的可靠资料等等。这也就是储量很大或特大气田采用快速勘探法有可能受到限制的原因。

地层流体的相态（见表1）可以大大限制采用加速勘探法。对纯气藏、凝析油含量低及中等（ $300\text{cm}^3/\text{m}^3$ 以下）的凝析气藏，以及具不饱和或过热凝析系统（但凝析油含量较高）的气藏采用加速勘探法是不受限制的。

气藏如果存在油环不仅使普查及勘探工作复杂化，而且时间也拖得很长，因而要求采用专门的方法进行勘探。假使预测探明的气藏可能具有油环，那么必须首先着手勘探油环，并评价它的工业价值。气藏含气部分的勘探只有在油环没有工业意义或与气藏相比其工业意义较差的情况下才能进行。所以对可能具有油环的气藏要想将它们快速投入工业试采在大多数情况下都是不可能实现的（例如：乌克兰东部别利斯克（Беліск）气田的各气藏，乌连戈依气田的白垩系