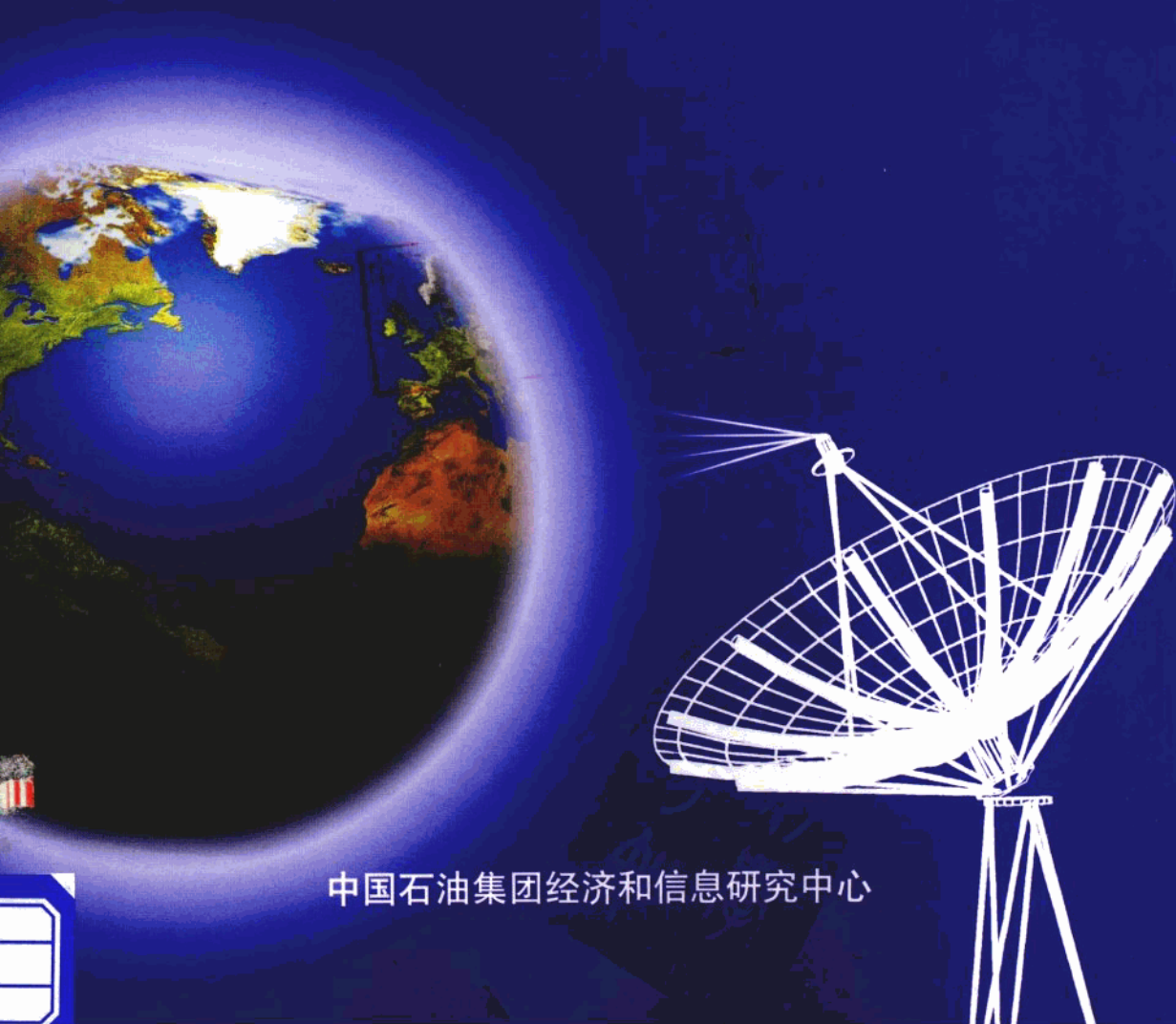


科技进步与 油气供给关系研究



中国石油集团经济和信息研究中心

前言

世纪之交，世界科技发展突飞猛进，全球范围的结构调整和产业升级加速进行。21 世纪，科技进步、结构优化和产业升级的速度与成效，将成为一个国家综合竞争力、中长期经济增长潜力和国际地位的主要决定因素。

党的十五届四中全会指出，要实现国民经济持续快速健康发展，必须适应全球产业结构调整的大趋势和国内外市场需求的变化，加快技术进步和产业升级。国有经济在我国经济中的重要地位，决定了国有企业必须在技术进步和产业升级中走在前列，积极拓展新的空间，发挥关键性作用。

石油是关系国计民生和国家安全的重要战略物资，石油石化工业是国民经济的关键领域和重点行业。回顾新中国石油工业 50 多年来的发展历程，可以从产量的增长方面分四个阶段描述其前进的步伐：第一个阶段是建国初期的 10 年，石油产量从 12 万吨上升到 373 万吨；第二阶段从 50 年代末、60 年代初开始到 1978 年全国石油产量突破 1 亿吨大关，跨入世界主要产油国和主要出口国之列；第三个阶段是 80 年代的 10 年，全国石油产量稳定在 1 亿吨左右；第四个阶段是 90 年代以来，在东部油田成功实现高产稳产，西部地区不断获得新的发现背景下，我国石油产量稳步增长，到 2000 年我国国内石油产量达到 1.63 亿吨，居世界第 5 位。我国石油产量的增长不仅是石油工人发扬“铁人”精神艰苦创业的结果，石油科技进步更是起到了重要的作用，每一次产量的快速增长都伴随着科技进步的巨大飞跃。

进入 20 世纪九十年代以来，中国石油产量一直处于低速平稳增长状态，而且从近期看国内石油供给生产能力也不容乐观。我国是一个油气资源丰富的国家，这一点必须承认——虽然人均拥有量不高，造成我国油气供给紧张的主客观原因我们可以列出很多，但越来越多的共识是我国石油科技进步是制约油气供给增长的重要因素。

世界石油工业已经走过了近 150 年的历程。1967 年世界石油产量达到 18 亿吨，在一次能源消耗中的比例达到 40.4%，开始超过煤炭（38.8%）而居于首位，成为推动世界工业化不可缺少的“黑色血液”。之后，世界石油在一次能源消耗中的比例基本保持在 36% 以上。与此同时，由于地质认识的突破、新的勘探技术的发明运用等，新的石油资源不断被发现，全世界的剩余石油可采储量不仅没有减少，反而不断增加。事实充分证明，世界石油工业史是一部石油科技进步史。世界石油工业每一次标志性的产储量增长其重要的决定因素都有重大石油科技进步的作用。

我国正在实施第二步战略目标，国民经济正在持续、稳定、快速增长，而同时国内石油供应增长率相对缓慢，石油供应已成为制约经济增长的“瓶颈”。如何促进我国石油供应的快速增长，保障经济增长对油气资源的不断增长的需求，保障国家的石油供应安全，同时也促进石油企业经济效益的持续增长，实现可持续发展是摆在我们面前的重要而紧迫的课题。

正如我们已分析的那样，国内外石油产储量的增长与科技进步有着十分紧密的相关性，

而这一相关性也为我们促进油气供给增长提供了一个经过实践充分证明了的真理。不仅如此，随着知识经济时代的发展，任何一个产业部门、企业取得竞争优势都必须以技术创新为第一动力。石油工业作为资金、技术密集性产业更是如此。

问题的关键是如何促进我国石油工业科技进步，从理论上分析，科技进步是研究开发过程、技术创新过程、创新扩散过程和宏观调控的统一。而我们研究的重点也是如何建立起科技进步的体制和机制，以及技术进步促进经济增长的途径，也就是油气供给的增长。的确，从实践上分析，正是没有建立起一个高效的科技进步体制和机制，没有在技术进步的途径上做出正确、及时的选择是我们发挥科技进步在油气供给增长中作用的一个显著障碍。

本课题基本的逻辑结构是：通过进一步明确几个相关的概念和基本理论，从历史的角度分析国内外石油科技进步与油气供给增长的相关性。在此基础上研究促进石油科技进步的体制和机制、技术进步的途径。为使我们研究具有现实性，也选择了一些典型案例进行介绍。可以把研究的基本结构图示如下（图1）。

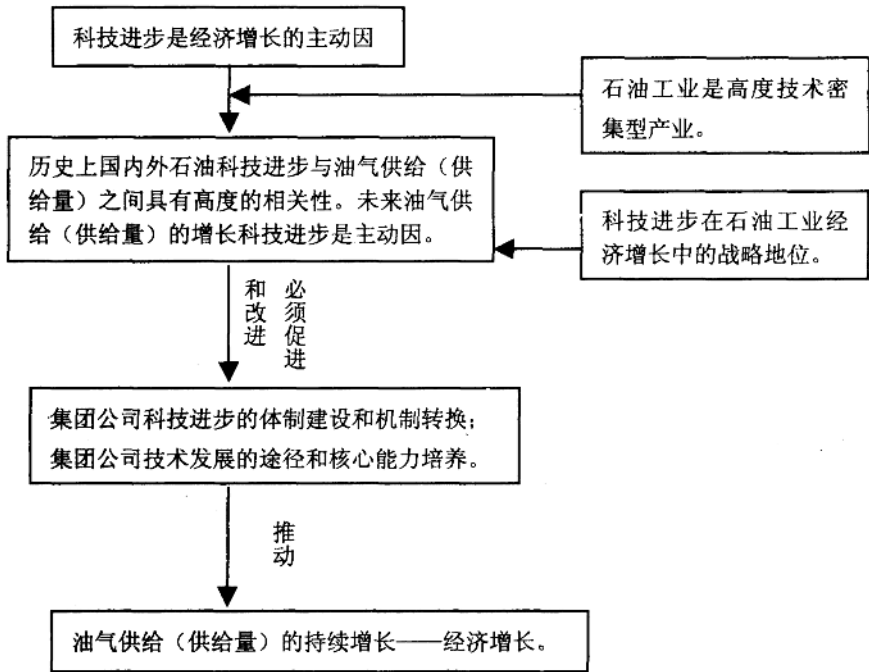


图1 本课题研究的基本结构

实事求是地说，这一课题的研究应该具有深刻的理论性和现实的指导性，我们力求符合这一要求。使我们的研究为中国石油工业的科技进步服务，为促进中国石油供给的增长服务，为中国石油集团公司实施“科技兴油”战略服务，为把中国石油集团公司建设成为“拥有著名品牌和自主知识产权、主业突出、核心能力强”的大型跨国企业集团服务。

第一部分 基本概念、理论和研究步骤

为了明确我们阐述问题所涉及的范围，必须对一些基本概念进行限定；同时为了使我们的研究建立在更科学的基础上，也必须对所涉及的有关理论问题进行简略的阐述。

一、关于科技进步

科技进步是一个十分重要的概念，通常可分为狭义科技进步和广义科技进步。狭义科技进步是人类根据生产实践经验和自然科学原理对客观物质世界支配、控制、改造和利用能力的提高，主要表现为技术进步。从其对经济增长作用的角度来考查，一般包括下述具体内容：

1. 采用新的技术设备和对旧设备进行改造；
2. 采用新工艺和改进旧工艺；
3. 采用新的原材料和新能源；
4. 开发应用新产品或改进原产品的性能和质量；
5. 提高劳动者的素质和技能；
6. 采用合理的资源利用方式和环保措施；
7. 决策和管理水平的提高。

广义科技进步也有人称之为全要素生产率或综合总和。要素生产率，是人们定量分析科技进步作用时常用的一个经济学概念。包括这样几个方面的内容：

1. 知识的进展，即知识增加所产生的发明和创造对增长的作用；
2. 资源的重新配置，即劳动力和资本从效率低的部门转移到效率高的部门；
3. 规模经济，即扩大企业经营规模引起的经济效益，也就是一般所说的大规模生产的经济效益；

4. 管理水平的提高，即企业组织与管理水平提高所带来的经济效益。理论上说，广义科技进步应仅包括以上的内容，但实际测算时，由于无法分离出诸如政策、环境，甚至气候、心理等的影响，所以用函数计算的广义科技进步贡献率，包含了资金、劳动力以外所有因素的共同作用。

对科技进步的理解应把握以下要点

1. 科技进步包含着丰富的技术内容，又包含着丰富的经济内容；既不是一个纯技术概念，又不是一个纯经济概念；它是技术与经济的结合，是一个技术经济概念，无论从纯技术学的角度还是从纯经济学的角度，都不可能对技术进步作出准确的描述和理解。必须从技术与经济结合的角度，探求技术进步规律及其经济效应。

2. 科技进步是动态经济学的概念

科技进步不是静态的。科技进步是一种不以人的意志为转移的技术经济现象。在科学技术加速度发展的今天，一个国家的经济发展，一个企业稍长时期的成长，都不能忽视科技进步的作用。科技进步已成为衡量任何水平经济增长的重要甚至是主要的标志。

3. 科技进步是一个过程

科技进步不是一个或几个孤立的事件，而是由多个相互联系的事件组成的复杂过程。在微观层次上，企业技术进步要依次经历新技术的研究开发（或技术引进），工程开发与设计、试制、生产、市场实现等阶段，才算完成一个技术进步周期。在宏观层次上，一个技术进步周期则包括研究与开发、技术创新、创新扩散、产业结构的变动，以及宏观调控等子过程。

在本课题的研究过程中，我们所使用科技进步这个概念，主要立足于以下几个方面的涵义：一是把科技进步作为一个技术经济概念，注重从石油科技与石油经济两个方面去把握科技进步；二是注重把科技进步作为一个动态的过程。从历史的、未来的变化中来阐述科技进步与油气供给的关系。

我们有时使用科技进步，有时使用技术进步的概念，在没有特指的情况下可以看做是同义的。

二、关于供给理论

我们在使用供给这个概念时主要是有两层含义：一是供给的变动；二是供给量的变动。

（一）供给及供给规律

供给是指生产者在一定时期内以任何可能的价格愿意而且能够提供出售的商品的数量。

供给规律：在其他条件不变的情况下，供给量随价格提高而增加，随价格降低而减少，供给量与商品价格呈同方向变动。

（二）影响供给的因素和供给函数

影响供给的因素主要有以下几方面：

第一，商品自身的价格，通常用“P”表示。一般情况下，商品的价格与供给量之间的关系是遵循供给规律的，即某种商品供给量的大小与该商品自身的价格高低呈同方向变动。

第二，生产的技术和管理水平，通常用“C”表示。生产的技术和管理水平与生产的成本之间有着极其密切的联系。一般情况下，引起生产成本变动的主要原因有两方面：一是要素价格，二是技术状况。在商品的价格和其他条件不变的情况下，要素价格提高会引起生产成本上升，导致厂商利润下降，甚至出现亏损，这就迫使厂商不得不压缩生产规模，从而引起商品供给量的减少。技术进步意味着同等产量的成本下降，在其他条件不变的情况下，即使商品的价格略有下降，只要价格降幅不及成本降幅，厂商的利润仍然能够保持扩大的趋势，商品的供给就会增加。

第三，其他相关商品价格，通常用“ P_0 ”表示。这是由于当一种商品的相关商品价格发生变化时，即使这种商品的价格不变，这种商品的相对价格和相对利润水平会发生变化，其结果必然导致社会资源的重新配置，从而影响这种商品的供给发生变化。

第四，厂商对未来的价格预期，用“ P_e ”表示。当厂商预期其产品的未来价格上涨时，就会囤积居奇、待价而沽，从而减少这种商品的当前供给；而当厂商预期其产品未来价格将下降时，必然大量抛售，从而增加这种商品的当前供给。

第五，自然条件，通常用“ N ”表示。很多商品的供给是受自然条件制约的，在不同的年份（丰年和歉年）、不同的季节（春、秋或雨、旱等），供给都会有所不同。这里的自然条件也包括各种不可抗力（如罢工或其他短期因素等）。

一般说来，某种商品在一定时期的供给数量会受以上各种因素变化的影响而发生变化，因此，我们可以把上述各种因素作为自变量，把供给数量作为因变量，建立起供给数量与影响供给数量的各种因素之间的函数关系，并把这种函数称为“供给函数”（supply function）。记为：

$$Q_s = f(P, P_0, C, P_e, N \dots)$$

在上式中， Q_s 表示某种商品的供给数量，其他字母分别表示影响供给数量的各种因素。在研究某种商品的供给时，通常是运用抽象法来进行分析，即：假定在其他条件不变的情况下，只考察某一个变量对供给量产生的影响，这样可以从不同的侧面研究各种不同因素与供给量之间相互依存的数量关系。其中，最重要的供给函数形式有：

$$Q_s = F(P)$$

$$Q_s = F(C)$$

其中， $Q_s = F(P)$ 式所表示的是商品自身的价格与供给量之间的关系，把这个函数称为“供给的价格函数”； $Q_s = F(C)$ 式表示商品的生产成本与商品的供给之间的关系，被称为“供给的成本函数”。按照这种方法，经济学家还提出了许多用于特定研究目的的供给函数，通过剔除其他因素的影响，来专门研究某一方面的因素与供给之间的影响关系。

（三）供给的变动

对供给的变动进行研究的方法是从影响供给量发生变动的原因入手，把原因区分为两类，进而把供给数量发生变动的情况也区分为两种不同的形式：其一，是在其他条件不变的情况下，由于商品自身价格发生变动引起的供给数量的变动，称之为“供给量的变动”。其主要特征是价格影响供给量沿着供给曲线运动。其二，是在商品自身的价格并未发生变动的情况下，由于受到除商品自身价格以外的其他影响因素变动的影响，供给数量发生了变动，这种变动称之为“供给的变动”，其主要特征是在每一个相同的价格水平上的供给量都发生了变动，从而引起供给曲线移动。

1. 供给量的变动

供给量的变动在供给曲线上表现为供给量和供给价格沿供给曲线形成新的组合形式。如下图

所示，在供给曲线 S_1 上，当价格从 P_1 上升到 P_2, P_3 时，供给量从 Q_1 增加到 Q_2, Q_3 ，价格变动所引起的狄德罗的对应变动一定是在供给曲线上形成新的组合，是沿供给曲线由 a 变动到 b, c 。

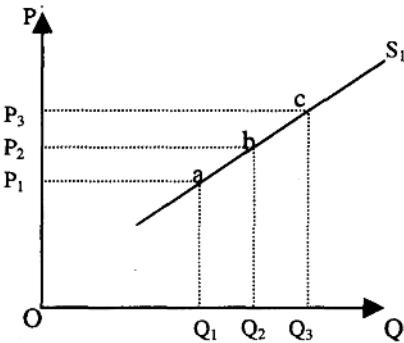


图 2 供给量的变动

2. 供给的变动

与需求的变动一样，供给的变动也是每一价格水平上的供给量都普遍发生了变动，是供给整体的数量变动，也就意味着形成了新的供给曲线，通常把这条曲线视为由原有的供给曲线经平移得到的。如下图所示。假设某消费者对某商品原有的需求曲线为 S_0 ，在商品自身价格 P_0 不变的情况下，由于影响供给的其他因素发生变动，如：厂商的生产成本降低、其他相关商品的价格发生了变动或预期变动等，从而引起在价格水平为 P_0 时的供给数量从 Q_{S0} 增加到 Q_{S2} ，由于这种变动是在任意价格水平上的供给量都扩大了一个绝对量，从而导致供给曲线由 S_0 向右平移到 S_2 。相反的情况是，在商品自身的价格不变的情况下，如果厂商的生产成本上升、相关商品的价格变动或预期变动等，引起了在价格水平为 P_0 时的供给数量从 Q_{S0} 减少到 Q_{S1} ，由于在任意价格水平上的供给量都减少了一个绝对量，因此，导致供给曲线由 S_0 向左平移到 S_1 。可见，供给曲线向右移动表示供给的增加，而供给曲线向左移动则表示供给的减少。

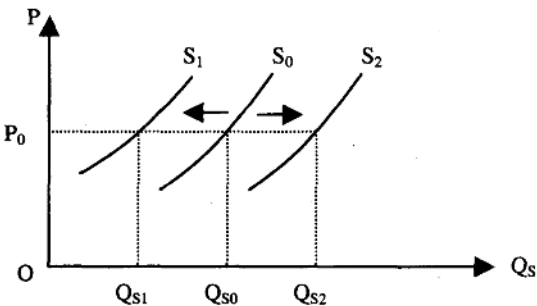


图 3 供给的变动

（四）基于供给理论对油气供给概念的界定

通过对供给规律和影响供给因素的分析，我们可以就科技进步与油气供给之间的关系作出基本的认识：科技进步与油气供给之间的关系以科技进步与油气成本的变化为纽带。也就是说，在价格一定的情况下，科技进步的结果会降低油气勘探开发的成本，从而使石油企业愿意提供更多的油气供给，同时能够发现更多的储量。在供给曲线上的表现是供给曲线向右移动。

这里我们也遇到了一些问题：

1. 实际上油价是一个变化非常频繁的量；
2. 我们把石油这种垄断性、战略性的资源作为了一种常规的、竞争性的商品，虽然它越来越具有一般商品的特性，但这种分析毕竟是不科学的；
3. 在分析供给量方面，供给规律认为价格是决定供给量的唯一因素，那么考虑科技进步对油气供给量的影响不符合供给规律的原则。

因而我们需要一种更为宽泛的理论去分析科技进步与油气产储量增长之间的关系，这也是我们以下要引入经济增长理论的原因。

三、关于经济增长

引入经济增长概念和理论的目的是为了说明石油科技进步与油气供给量、产储量之间的关系。

（一）经济增长的概念

从总的方面来看，经济增长是用国民生产总值和人均国民生产总值衡量的一个国家物质生产能力及其利用效率的持续增长。这种增长伴随着人口的增加、经济结构的变化、制度的调整和观念的更新。

上述总的概念包含着以下几个方面的含义：

经济增长就是社会物质财富不断增加的过程；

经济增长是各个产业经济增长的总和，经济增长可以分解为各个产业的经济增长；

经济增长属于动态经济学的范畴。它所关注的主要不是经济静态效率的提高，而是经济的长期运动趋势。经济的增长具有波动性，为了排除和超越经济短期波动的影响，考察经济增长趋势要有相当的时间长度。因此，经济增长是指不为短期波动掩盖的经济的长期持续增长。

（二）科技进步是现代经济增长的主动因

经济增长是一个投入产出过程。劳动、资本与技术是三个基本的投入要素。现实的生产是在这三个要素的有机结合下进步的，三个要素缺一不可，石油工业也不例外。但是，在不同的经济时代，在生产力发展的不同阶段，三者在投入中的地位和作用各不相同。

在渔猎采集和农牧手工业的自然经济时期，人们主要是运用体力与自然进行直接交换，或

依靠畜力、水利以及手工制作的简单工具和技艺进行生产活动。生产的发展，主要取决于劳动力投入的数量和技艺。因此，在这个时期，在生产的投入要素中，劳动居于主要地位，是推动经济增长的主要因素。

17—18 世纪的产业革命把人类带入了一个新的时代。在这一时代，工业生产实践成为人类的主要实践活动。人类社会生产力实现了伟大的变革，作为自然经济时期的第一生产力——劳动让位于大机器动力。以蒸汽机为代表的一系列新技术的发明和广泛运用，虽然逐渐成为当时生产技术的基础，但这一时期技术变化相对缓慢，新技术一旦应用就长期地固定下来，技术的改进还不是促进生产发展的经常的因素。在劳动力方面，工人虽然要经过操纵机器的训练，但主要是依靠工人的经验与熟练。在这个时期，机器设备在生产中处于突出的地位，资本投入成为制约经济增长的主要因素。

人类进入 20 世纪后，科学技术突飞猛进。特别是 20 世纪中叶以来，科学、技术与生产之间的相互关系发生了根本的变化。科学、技术、生产三者的联系日益紧密，从科学——►技术——►生产的转化速度日益加快，转化周期日益缩短，生产的发展日益依赖科学技术。发电机、电动机、交流系统一开始就不是依赖经验技能，而是依靠科学知识创造出来的，电力则是名副其实的“科学”的技术。以科学为基础的技术成为伟大的生产力，它使劳动过程的诸要素，劳动资料、劳动对象和劳动者都发生的根本的变化。现代经济增长中的劳动者，必须具备科学技术知识、生产经验和操作技能。劳动投入的质量的重要性远远大于数量。生产的发展转向以内涵扩大再生产为主，技术进步成为促进经济发展的经常性因素。新产品、新过程层出不穷，技术创新经过量的积累，形成新的行业，新的产业，使产业结构发生了重大变化，使经济不但在量上而且在质上获得改善和提高。劳动者和生产资料中的技术含量日益增加，技术密集型的工业取代了资本密集型行业在产业结构中居于主导地位。技术进步成为经济增长的主要因素。

对经济增长理论方面的阐述使我们能够很好地论述石油工业科技进步与油气产储量增长之间的关系。这是由于以下的原因：

经济增长一般不考虑价格的变动，而只是从时间序列上考察经济增长的数量与科技进步之间的关系：

衡量科技进步的作用还可以用比较精确的科技进步贡献率的概念，我们也可以找到一些典型的案例以加强我们的论证力度。

石油作为一种战略性的资源其本身在许多情况下不完全受价格的影响，而科技进步却可能起到更为直接的作用，因为没有科技进步不仅在过去更可能在未来储量难以发现，油气也不可能被采出。

用经济增长的理论去研究科技进步与油气的供给量使我们不受价格因素的绝对影响。

这里要强调的是：在没有特指的情况下，在我们所研究的范围内是把经济增长和油气供给量的增长作为同一概念使用。

四、基于前述概念与理论分析的研究步骤

在我们对有关理论与概念认真分析的基础上，拟将课题的研究分为两个步骤（见图 4、图 5）。

一是要在历史分析的基础上阐述科技进步与油气供给的相关性。力求研究科技进步是油气增长的主动因，虽然油气供给的增长是受多方面因素的影响，但在这里我们一般假定资源是丰富的、政策是鼓励性、价格是变化的、需求是强劲的，这种假定的合理性可以在论述中逐步展开。这是我们研究的第一步骤（见图 4）。

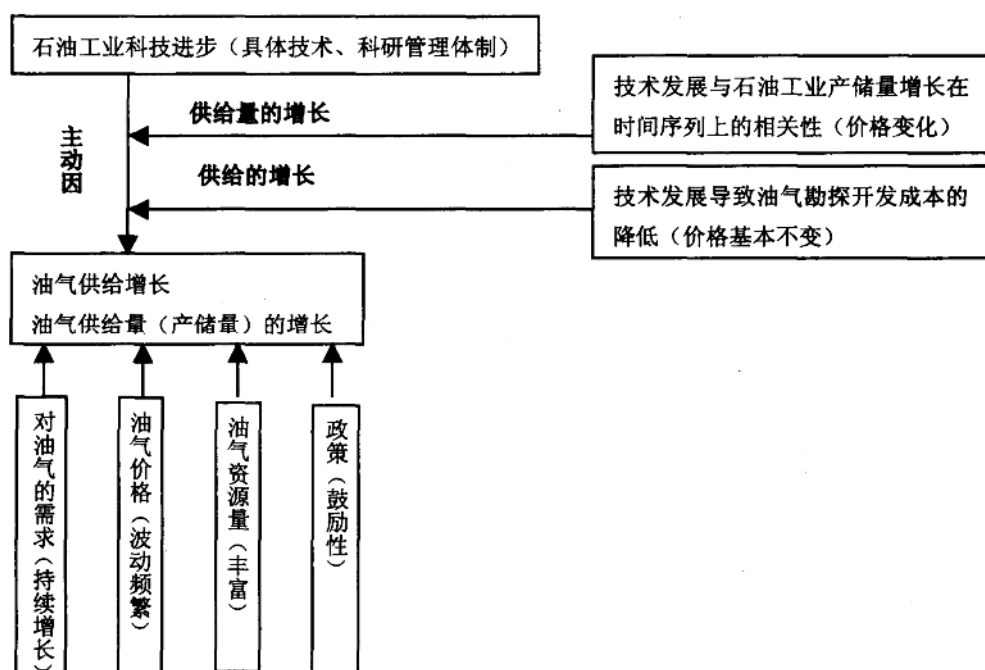


图 4 石油科技进步与油气供给（供给量）增长（第一步）

二是必须大力促进集团公司的科技进步。这是我们研究的目的。关于这一方面集团公司已进行了系统的研究并制定了相应的政策措施，我们研究的侧重面在于进一步深化其系统性和有关机理。创新点在界面管理、创新植入增长、核心技术能力。这是我们研究的第二步骤（见图 5）。

我们也可以就两个步骤之间的逻辑阐述如下：在第一步中我们试图从实证的、历史的角度出发去研究科技进步与油气供给（供给量）之间的关系，得出石油科技进步是石油供给（供

给量)增长的主动因。那么作为集团公司要实现油气供给(供给量)的持续增长就必须大力推进石油科技进步。推进集团公司的科技进步具体技术的发展当然是问题的一个重要方面,而更重要的是建立科技进步的体制和机制——制度重于技术是从理论和实践上已经证明的真理。

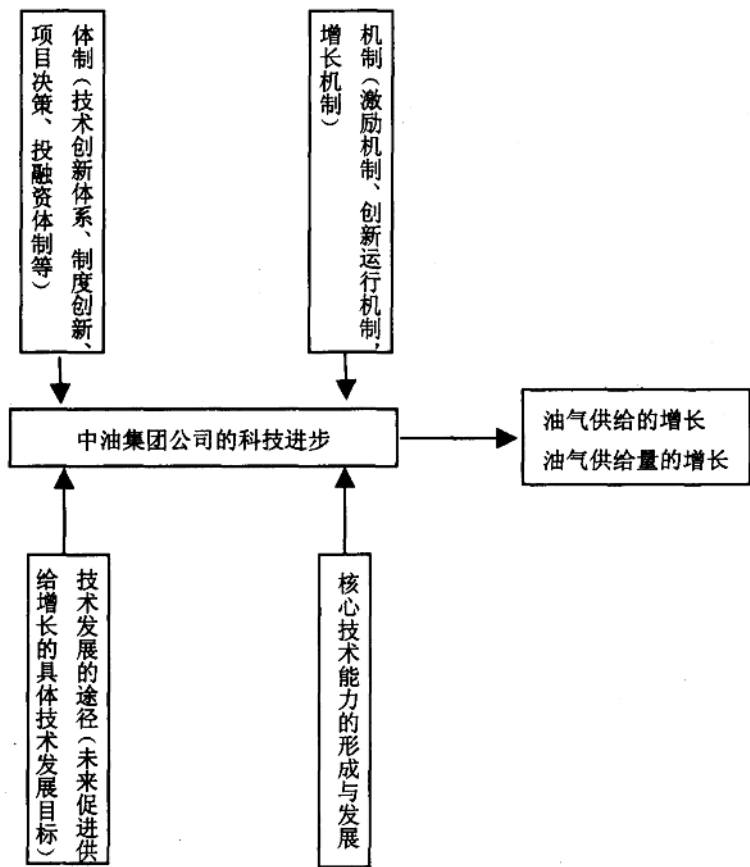


图5 推进集团公司科技进步促进油气供给(供给量)增长的机理图(第二步)

第二部分 世界石油科技进步与油气供给 (供给量)的相关性分析

在这一部分我们主要考察世界石油科技进步与油气供给(供给量)之间的相关性。在考察科技进步与供给(供给量)之间的关系时,我们是把石油工业的产储量增长等同于供给量的增长。产储量的增长可以看作是石油工业经济增长的主要指标,使用这一指标主要是为排除价格作为供给量增长的主要因素,可以更好地看出科技进步与供给量增长之间的关系。

必须明确的是石油产储量的增长受许多因素的影响。首先,价格的影响是一个决定性的因素。由于价格升高,许多低效、不可采的储量成为了经济可采储量。价格的升降更是产量增减的主要决定因素;二是工作量的增长同样能发现更多的油气储量,而不一定是采用了更新的技术;三是鼓励石油勘探开发的政策等等。

在考察科技进步与供给之间的关系时,我们主要理解在价格变动幅度不大情况下供给曲线的移动,以说明主要是科技进步引起勘探开发成本的降低,从而引起供给的增长。

在分析的过程中,我们以油气产储量增长的历史为基本线索,分别考察产储量增长与相应时期的石油科技进步,通过这种方法可以基本看出二者之间的一种对应关系;为了使分析更具有说服力,也要通过一定的实例来论证。

一、世界石油科技进步与油气产储量增长的历史分析

在世界范围内,直到20世纪20年代,由于没有出现能使石油工业快速发展的石油技术,这段时间内石油工业进展不大。

但是20世纪50年代以后,随着发现新储量的难度日益大,同时石油科技的重大发展,科技进步与油气产储量之间的关系具有较明显的对应关系。

(一) 20世纪20~50年代的石油科技进步与油气产储量增长

20世纪20~50年代,在石油勘探方面,由“前期地质时期”进入背斜理论时期。重力、地震折射波和地震反射法开始使用,从而使人们在平原和盆地地区都能从事油气勘探活动。微古生物学、沉积学、地层学和古地理学等被引入石油地质领域;石油钻井技术进入发展时期,出现了大马力钻机,新型牙轮钻头,并有了化学处理剂以改进钻井液和固井水泥性能,提高了固井质量,也发展了深水钻井和完井技术。油田开采方面,由密集钻井、盲目开采到开始懂得地下油藏是一个统一的水动力系统,提出了最大有效产量的概念。同时发展了蒸汽法开采稠油,广泛应用注水开发技术等等;采油工艺也得到了发展,无杆井下泵开始使用,酸化等改造油层

的技术有了发展。由于科技的进步这段时间产量由 9437 万吨上升到 19316 万吨。储量的增长也十分迅速, 1925~1930 年, 世界年平均发现原油约 27 亿吨; 1935~1940 年, 年平均发现石油约 41 亿吨; 1940~1950 年, 年平均发现石油为 33~35 亿吨。

(二) 20 世纪 60~70 年代石油科技进步与油气产储量增长

20 世纪 60~70 年代是石油技术迅速发展时期, 新技术不断出现, 老技术逐渐改进, 新成果越来越多。

在石油地质理论方面, 60 年代诞生的板块构造理论被誉为地球科学的一场革命, 促进了构造地质学的发展。应用板块构造理论能指导研究含油气盆地的成因机制, 开展油气岩相古地理研究, 推动油气成因理论的研究和油气藏形成及分布的研究。根据板块构造理论可对全球沉积盆地进行分类, 分析大油气田与沉积盆地类型之间的关系, 对盆地的含油气性和潜力进行预测。例如, 一些地质学家曾根据传统的石油理论和板块学说预言, 大西洋的拉布拉多海域和纽芬兰的大陆架、北格陵兰和加拿大的北部诸岛屿、澳大利亚的西北大陆等海域、太平洋西部和南部海域, 都可发现巨大油气田。以后几十年的勘探成果证实了这一点, 如加拿大沿岸含油气区、南美沿岸含油气区、中非裂谷系含油气区、澳大利亚西北大陆架含油气区等等都是在板块构造理论指导下发现的。

在地震勘探技术方面, 60 年代出现的叠加技术和数字记录仪是石油技术史上的一次革命, 同时数字计算机也进入石油行业, 数字数据处理中心替代了原来的模拟回放中心, 通过数字处理扩大了动态范围和通用性, 使地震剖面更加清晰, 更象地质剖面。

在油田开发方面, 大型水力压裂技术的出现和蒸汽吞吐开采方法的广泛使用, 扩大了世界非常规油气资源领域。大型水力压裂技术使原来认为无开采经济价值或无法开采的致密砂岩气成为有价值的一类资源; 蒸汽吞吐开采技术提高了稠油采收率。

这个时期起步的海洋石油技术进一步推动了世界石油工业的发展。也可以说, 海洋石油工业的发展是科技进步的产物。由于海洋勘探开发技术的产生和发展, 在世界油气勘探开发活动中, 海洋石油工业显示出愈来愈重要的作用。从 60 年代开始, 相继发现了几个大的海上油气区, 如北海、美国墨西哥湾和中东海上油气区, 另外澳大利亚南部海域、东南亚地区海域、南美海域和北极海域都形成一定规模的油气区。

总之, 20 世纪 60~70 年代是石油迅速发展阶段, 也是石油工业飞速发展时期, 世界原油发现率保持较高的水平, 年均发现率 37~56 亿吨; 中东、美国等地区的勘探成果继续扩大, 中东发现 20 多个亿吨级的大型油田; 美国发现阿拉斯加大油气区, 前苏联发现西西伯利亚特大油气区; 还有几个海上油气区都是这个时期的产物。与此同时, 原油年产量由 10 亿吨上升到 20 亿吨。

(三) 20 世纪 80 年代以来石油科技进步与油气产储量增长

20 世纪 80 年代以来, 新的科技革命为石油科技进步注入了新的活力, 特别是以计算机、信息技术为特征的知识经济为石油科技的发展带来了新理论、新方法和新工艺, 石油科技的发

展也更为迅速，主要有：油气系统、盆地模拟、油藏描述、数值模拟等等；同时还包括水平井、分枝井钻井技术、小曲率半径水平井、连续油管钻井、自动化钻井，高分辨率地震、3D、4D地震及地震资料处理解释一体化技术，层析成像、核磁测井、成像测井，油气生产自动化与优化运行、远程生产等。这些科技进步使石油产储量增长在地质条件日益恶化的条件继续保持增长的态势；全球原油年产量维持在 30 亿吨左右，2000 年达到了 35 亿吨。

随着科技进步的不断发展，世界石油剩余可采储量越来越多，新发现的石油储量远超过产出的石油。在过去的 11 年里，石油工业已经成功的将储量替代率提高到了 100%以上。在过去几年里，石油工业所有的公司除了北美地区公司（Phillips 除外）外，一半以上的公司的储量替代率超过了 150%。

表 1 世界石油工业产量增长与石油科技进步对应关系分析表

时 间	1920~1950 年	1960~1970 年	20 世纪 80 年代以来
主要科技发展	1、生物地层学；背斜说找油；海相生油理论。 2、全自动测井仪，手工解释油气层。 3、	1、块构造学；年代地层学。 2、模拟地震仪、数字地震仪；三维地震。 3、生产测井仪，数字测井仪，随钻测井仪。 4、喷射钻井、最优化钻井、定向井丛式井	1、盆地分析模拟；层序地层学；含油气系统理论。 2、遥测地震仪，24 倍遥测地震仪；30 吨可控震源。 3、数控测井仪；多参数生产测井仪；油藏描述；成像测井仪；核磁共振测井仪；油气层产能预测。 4、深井、水平井、大位移井、小井眼井、多分枝水平井、欠平衡钻井
全球年产量	由 9437 万吨上升至 19316 万吨	由 10 亿吨上升 至 20 亿吨	维持在 30 亿吨左右，2000 年以来维持在 35 亿吨以上。

表 2 世界探明储量增长情况简表

年 份	剩余可采储量 (亿吨)	年 份	剩余可采储量 (亿吨)	年 份	剩余可采储量 (亿吨)
1950	130.0	1990	1364.9	1996	1389.7
1960	372.6	1991	1357.6	1997	1411.3
1970	751.1	1992	1365.8	1998	1411.3
1975	731.7	1993	1368.7	1999	1385.8
1980	892.0	1994	1363.7	2000	1402.8
1985	959.1	1995	1374.1		

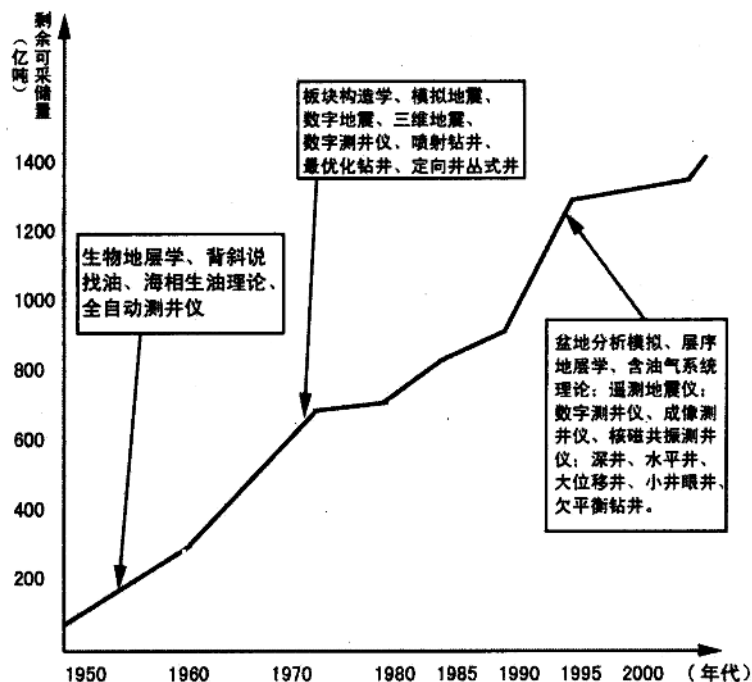


图6 世界探明储量与石油科技进步的对应关系图

每一个时期产储量的增长都有相应技术的发展。当然正如我们前面分析的那样，在许多情况下增加工作量也能够有利于产储量的增长，但如果勘探条件相当困难，若无技术的发展则发现或采出油气是完全不可能的了。从以下的案例我们可以清楚地认识到这一点。

案例一：技术在发现滨里海地区油气中的贡献

滨里海盆地位于里海北岸，面积 50 多万平方公里，是一个大型含盐、富含油气的深盆地。沉积岩厚度最大可达 22~25 公里，中间发育一含盐层系，盐上岩组为中、新生代陆相沉积，盐下为古生代海相沉积，以硅酸盐岩为主，沉积厚度达 6~15 公里，埋藏深度多在 4000 米以下。

滨里海盆地油气勘探工作始于 1908 年，1911 年在盆地南部首次发现两个小油田。一直到 60 年代，该区油气勘探目的层以盐上中生界地层为主，仅发现了一些小油田。因此当时有人认为该盆地在构造格架上是由盆地边缘向中部倾没的深拗陷，推测中部为深水海相硅质泥岩沉积区，岩相条件不够有利，油气远景评价较低。

60 年代末开始，随着地震及深井钻探技术的发展和地质认识的转变，使该盆地的油气勘探工作获得了重要突破，揭示了盐下层的巨大含油气远景。首先，地震勘探技术的发展，结合区域重力和磁力勘探方法以及应用综合地质研究方法获得了深部构造图。其次，在地质认识方

面。1975 年石油地质学家 Н·В·Неволин 等人首次根据重力、磁力、电法、地震和参数井资料的综合解释，编制了滨里海盆地结晶基底顶部埋藏深度图，提出了滨里海盆地构造格局的新概念，认为该盆地并非是统一的巨型深拗陷，而应为三大部分，即中部深拗陷；阿斯特拉罕—阿克印宾斯克隆起带；南部拗陷。并提出隆起带是盐下古生界油气聚集的最有利地带，应作为勘探主攻方向。第三是井深大于 4000 米的深井钻井技术为打穿目的层提供了重要的技术手段。在这些因素的综合作用下，1976 年发现了阿斯拉罕凝析油气田；凝析油和天然气地质储量分别为 4.2 亿吨和 1 万多亿立方米；1979 年发现田吉兹油田，油气地质储量分别为 34 亿吨和 1.3 万亿立方米；1979 年发现了卡拉查干纳克油气田，油气地质储量分别为 6.4 亿吨和 1.5 万亿立方米。

案例二：测井技术进步与石油工业产储量增长

随着现有油田的不断枯竭，勘探开发活动正在越来越多地向地层更复杂、环境更恶劣的地区挺进。同时由于经济原因，油气藏的合理开发与管理更加引起了人们的重视。这就对测井提出了新的要求。现在，测井仪器已经从数控测井仪器向成像测井仪器方向发展，测井仪器可以以更高的数据传输率、在更短的时间内传送更多的测量数据；一次下井可以组合更多的下井仪器；一个仪器有更多的探测器，扩大了井眼的覆盖范围，进行成像测量；仪器具有更高的采样率、更高的分辨率和多种探测深度。

目前，一般薄层测井仪器的垂直分辨率为 5 厘米，地层微电阻率成像仪器的垂直分辨率了 5 毫米。因此，用高分辨率测井仪器可以探测出许多被遗漏的薄层，并使得一些薄层得以有效开发。另外，利用核磁共振成像测井可以更加准确的测量束缚水体积、粘土束缚水体积和自由流体体积，识别低阻产层，确定渗透率、孔隙尺寸分布、流体类型、油气层厚度、流体界面以及原油粘度的变化。在得克萨斯州，根据斯伦贝谢公司的 CMR 测井结果，对水力压裂进行了重新设计，降低了作业成本，并增加了原油产量。此外，核磁共振成像测井信噪比的提高大大改善了对油井产能的评价。在南美的一个老油田，CMR—Plus 测井显示下部目的层的含水饱和度很高，但主要是束缚水，油气可以自由流动。以前，油田经营者从未考虑对下部层段射孔。根据 CMR—Plus 测井结果，经营者首次射开了下部层段，层段射开后产出了干气，天然气储量达到 200 亿立方英尺。

总之，测井技术进步可以使油田经营者更加有效地发现、开发和管理油气储量。专家估计，数控测井技术已经使世界油气储量增加了 20%，而成像测井系统的应用可使油气储量再增加 10%。

案例三：技术进步与美国天然气供应

1993 年美国天然气研究所（GRI）研究预测了美国本土 48 州的天然气供应与技术的关系（见图 7）。

图示表明。如果技术保持在 1993 年的水平不变，天然气田发现的数量和规模就会减少，导致天然气的供应会减少。天然气供应量的减少会引起价格的上升，作为天然气使用大户的电厂会转而利用价格相对低廉的燃料如煤，由此也会造成天然气消费量的下降。计算的结果是天

然气的消费量将从 1993 的 5918 亿立方米下降到 2010 年的 4417 亿立方米。

如果采用新的技术,就能发现和开采更多的天然气,增加供应,导致天然气价格的稳定和下降,天然气的需求量会相应增加。计算的结果是到 2010 年美国的天然气消费量将达到 7900 亿立方米,比 1993 年多 1982 亿立方米,在 1993 年之后开发和应用新技术将为 2010 年提供 3483 亿立方米的天然气(称为技术缺口量)。美国天然气研究所预测,到 2010 年美国 40%以上的天然气是依靠应用新技术得来的。

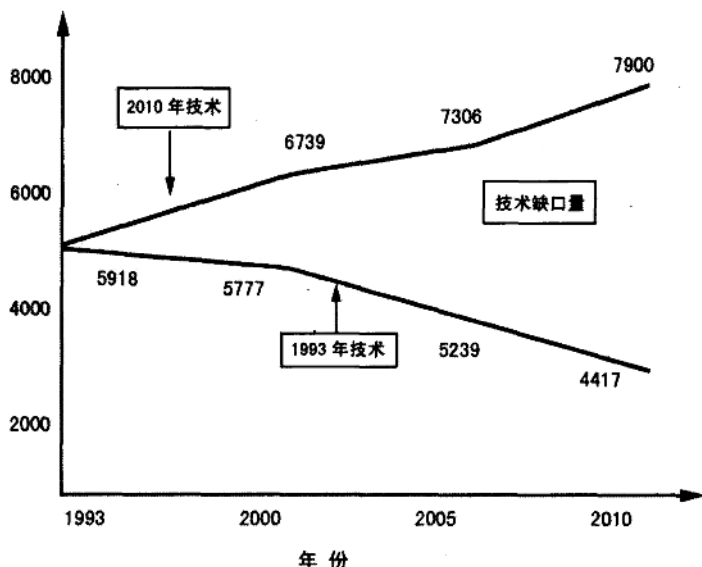


图 7 美国天然气供应与技术进步的关系

二、主要考虑价格因素的石油科技进步与油气供给增长

在前面的理论分析部分我们已指出在价格不变的情况下主要研究供给的变化,供给的增长主要影响的因素是成本的变化。

随着石油工业的科技进步,极大地降低了油气的勘探开发成本,使得在石油价格相对较低的情况下油气供给仍在不断的增长。我们可以以 1970—2000 年的情况作为分析的依据。

(一) 1970—2000 年的世界石油价格变化和油气供给

1. 1970—2000 年的世界石油价格变动

按当年美元价格计算,1970—2000 年国际石油价格(指品质类似于布伦特油的原油价格)