



No. C1999020

1999-5

科技进步与中国区域不均衡增长*

北京大学中国经济研究中心客座研究项目

(执笔 姜照华)

1999年5月

一、 科技进步在经济增长中贡献的测算方法

(一) 国内外学者关于科技进步在经济增长中的贡献率测算方法研究取得的进展和存在的问题

能将科技进步与资本积累、劳动力增长和经济增长联系起来的经济增长模型首先是柯布——道格拉斯生产函数模型(Cobb-Dougllass Function)

$$Q = AK^{\alpha}L^{\beta}$$

其中 Q 是产出(或销售额),而 A 则是以科技进步因素为主的综合要素生产率,K 是投入的资本,L 是投入的劳动力, α 和 β 分别为资本和劳动力对产出的弹性系数,并且 $\alpha + \beta = 1$

可以从上述公式方便地推导出“科技进步在经济增长中的贡献率”,将两边对时间 t 求导,则有科技进步贡献率

$$\eta_s = 1 - \alpha \frac{Z}{Y} - \beta \frac{W}{Y}$$

这里,Z 是资本增长率,W 是劳动力增长率,Y 是经济增长率,这是三个可以通过实际测算和统计而得到的量,问题在于 α 和 β ,而 Cobb-Dougllass 模型规定 $\alpha + \beta = 1$ 。

回顾用生产函数方法研究科技进步与经济增长的 60 多年来的历史,可以发现,每 10 年内都有较重要的进展,40 年代丁伯根把时间趋势并列于资本与劳动投入,构造出新古典理论的最早的公式之一;50 年代,索洛发现了计算科技进步贡献率的“剩余法”;60 年代,丹尼森在西蒙·库兹涅茨的国民收入核算和分析的基础上,利用历史统计资料,通过对美国等国经济增长因素的分析,提出了经济增长的因素分析法;70 年代,乔根森等应用超越对数模型研究科技进步与经济增长;80 年代,罗默等又提出了科技进步的内生增长模型。

我国自改革开放以来,科技、生产力得到了大解放和大的发展,科技进步在国民经济发展

* 本文在写作过程中和初稿完成后得到北京大学中国经济研究中心林毅夫、海闻、陈平、胡大源、宋国青、周其仁、卢锋、姚洋、马晓萍等的悉心指导,在此谨表谢忱。

中的作用越来越大。与此相应，“科技进步在经济增长中的贡献率”的研究也成为有关部门和很多学者所感兴趣的问题。国外的大部分研究成果在短短的几年时间里，被翻译介绍过来，并在 80 年代形成了热潮。在这股热潮中，虽然没有形成引起广泛影响的有特色的理论或模型，但对生产函数法提出了许多修改意见，形成了许多修正方案，并出现了一些新的生产函数模型。有一些学者还试图将生产函数与马克思主义政治经济学结合起来，如南开大学贾风和、天津农业区划所的李树德同志。也有一些人开始从马克思主义政治经济学出发研究科技进步在经济增长中贡献率问题，如厦门大学的石景云教授等。

现在国内外已有数十种生产函数，实际上正如萨缪尔森所说，存在着难以计数的生产函数。我国数量经济学家袁嘉新也指出“几十年来经济学家经过大量研究，在各种假设条件下提出了很多适用于技术经济分析的生产函数形式，它们的假设条件不同，应用范围也有很大差别，各有优点和局限性，很难确定一种适用于各种情况的生产函数”。

生产函数法的主要困难是参数问题。正如宋家第、汤兵勇指出的，“目前估计 α 、 β 的方法(如分配法、比例法、经验法及回归分析法等)都有一定的经济或数学方面的假设，不能在任何情况下通用”而且各有优缺点，不同方法又可能导致不同的计算结果，并一般都静态地假定 α 和 β 是常数……有时就出现 $\alpha(t)$ 为负值的现象，无法作出有实际意义的解释……这样，最终的结果可信度较低，且不稳定”^①。

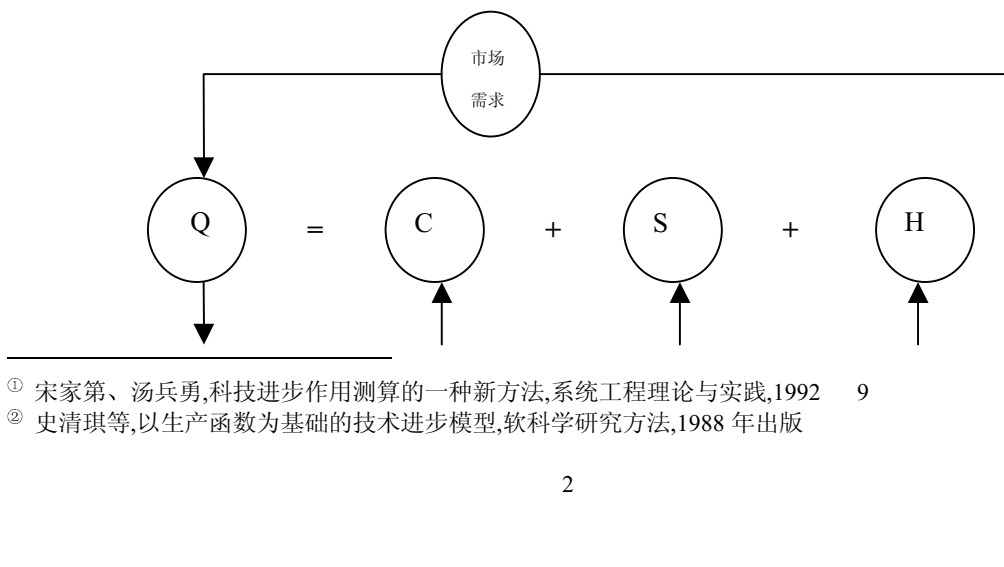
我国较早引进和研究生产函数法的史清琪^②、秦宝庭、陈警指出，“国内外学者在这个问题(α 和 β 的估计)上做过大量研究，提出了许多估计方法，但归纳起来，不外乎分配比例法、回归分析法、经验确定法。上述三大类方法各具有优缺点，任何一种方法都不是十全十美的。分配比例法…需要很强的经济学假设…并不一定适合于我国。回归分析法…事先假定技术进步速度为常数。…经验确定法虽然带有一定的主观性…是一种比较实用的估计参数的方法”。

(二)关于新测算模型的研究

本课题以马克思主义的劳动价值论为基础，从科技进步、不变资本、劳动力增长促进经济增长的不同机制出发，建立经济增长模型，并从模型中“自然地”导出科技进步在经济增长中贡献率的计算公式，而这一公式不包含类似 α 、 β 这样的主观参数。

有许多因素决定经济增长，但这些因素处于不同的层次上，它们对经济增长的作用方式是不同的。其中处于第一层次上的是科技进步、不变资本和劳动力，它们是决定经济增长的直接因素；第二层次上的因素是投资者、管理者、政府、社会、企业制度、经济体制等；第三层次上的因素则是政治局势、金融动态、文化背景、自然条件、国际形势等。在同一层次上，各因素之间是相互作用的。而在不同层次上，上一层次各因素受下一个层次上的各因素的决定、影响。

在图 1 中，“ \times ”代表经济体制，“+”代表企业制度，Q 代表经济系统的产出，C 代表生产资料转移到 Q 中的不变资本，S 代表科技创造的价值，H 代表劳动力创造的价值。



^① 宋家第、汤兵勇,科技进步作用测算的一种新方法,系统工程理论与实践,1992 9

^② 史清琪等,以生产函数为基础的技术进步模型,软科学研究方法,1988 年出版

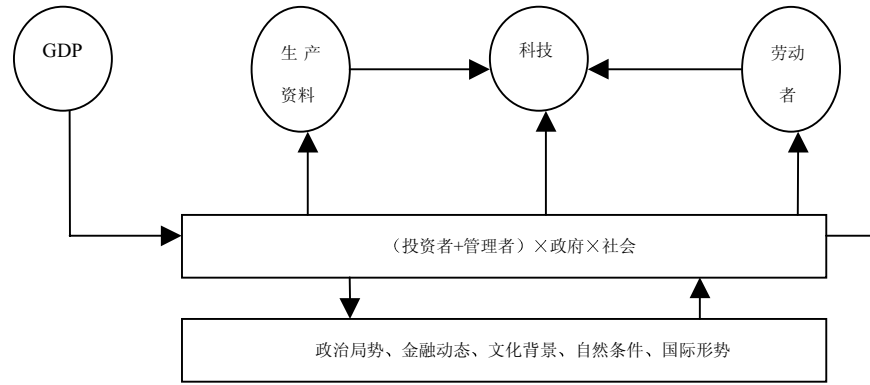


图 1 决定经济增长的诸层次上的要素及其相互关系

现在对几个概念加以定义：

定义 1 在生产中消耗掉的生产资料的价值叫做不变资本。

这就是说，不变资本不是生产资料，它是用来购买生产资料的“金钱”，是“货币量”，而这些生产资料在生产过程中被消耗掉，其价值转移到产品中。

定义 2 按某种不变标准计算的劳动者人数叫做劳动力。

这里所谓“某种不变标准”，例如“每天工作 8 小时，每周 5 天工作制”，主要是一种时间标准。

定义 3 总产值减去消耗掉的生产资料转移的价值（即不变资本）后所得余额叫做附加值。

如果用 Q 表示总产值，C 表示不变资本，那么附加值就可以表示为 (Q-C)。

定义 4 劳动生产率（即附加值除以劳动力）的提高叫做科技进步。

如果用 L 表示劳动力，那么劳动生产率就是 (Q-C)/L，而从经济学的意义上看，科技进步就是 (Q-C)/L 的提高。

定义 5 科技进步所带来的价值增量与产值的比叫做产品的科技进步含量。

在明确了上述概念后，就可以讨论经济增长问题了。

从马克思主义的观点看，应当区别对待不变资本和可变资本，“这两者在生产力形成和投入产出过程中的作用机制是不同的，不能混为一谈”，史清琪等指出，我们进行增长因素的分析，应该建立在马克思的劳动价值论的基础上。马克思指出：

如果用字母 V 表示可变资本，C 表示不变资本，X 表示包含在产品中的剩余劳动，再假定全部不变资本都进入价值形成过程，并且要考察的是绝对剩余价值，那么，一定量资本所生产的商品的价值就等于 C+V+X。……不变资本 C 可能增长了。因为原料量从而原料价值增长了，同时机器的价值也增长了。但是〔在生产过程本身中〕，不变资本 C 的价值是不变的，它只是再现在产品中。

按照马克思的观点，用于购买生产资料的一这部分资本 C（称为不变资本），在生产过程中随着生产资料的物质存在形式的改变而把价值转移到产品中去，并不发生任何量上的变化，不发生增殖。而人力资源才是价值增值的源泉，劳动者是附加值、剩余价值的创造者。而人的劳动可以区分为创造性的智力劳动（科技劳动）和重复性的体力劳动。在生产过程中，劳动者的作用，一是付出体力，二是促进科技进步。这样，决定经济增长的直接因素是不变资本的增长、劳动力的增长和科技进步，而它们促进经济增长的机制是不同的。

这样
$$Q = C + S + H \quad (1)$$

其中 Q 为商品的价值，C 为消耗掉的生产资料的价值，S 为科技所创造的价值，H 为劳动力所创造的价值。这样，在连续的情况下，

$$Q - C = S + H \quad (2)$$

即

$$\frac{dS}{dt} + \frac{dH}{dt} = \frac{d(Q-C)}{dt} = d\left(\frac{Q-C}{L} \cdot L\right) / dt$$

即

$$\frac{dS}{dt} + \frac{dH}{dt} = L \cdot \frac{d\left(\frac{Q-C}{L}\right)}{dt} + \frac{Q-C}{L} \cdot \frac{dL}{dt} \quad (3)$$

在式(3)的右边, 第一项表示由于劳动生产率 $(Q-C)/L$ 的提高而带来的经济增长, 第二项表示由于劳动力的增长而带来的经济增长。因而

$$\frac{dS}{dt} = L \cdot d\frac{Q-C}{L} / dt \quad (4)$$

$$\frac{dH}{dt} = \frac{Q-C}{L} \cdot dL / dt \quad (5)$$

这样, 科技进步在经济增长中的贡献率 η_s 的测算公式为:

$$\eta_s = \frac{dS}{dQ} = \frac{\frac{dS}{dt}}{\frac{dQ}{dt}} = \frac{Ld\left(\frac{Q-C}{L}\right)}{dQ} = \frac{L \frac{Ld(Q-C) - (Q-C)dL}{L^2}}{dQ} = \frac{dQ - dC - \frac{Q-C}{L}dL}{dQ} \quad (6)$$

在式(6)中,

$$= 1 - \frac{dC}{dQ} - \frac{C}{L} \cdot \frac{dL}{dQ} = 1 - \frac{dC}{C} \cdot \frac{C}{dQ} - \frac{Q-C}{Q} \cdot \frac{Q}{dQ} \cdot \frac{dL}{L} = 1 - \varepsilon_1 \frac{Z}{Y} - (1 - \varepsilon_1) \frac{W}{Y}$$

分别为前期物耗率、现期的物耗增长率、现期的经济增长率和劳动力增长率。在离散的情况下, 对于相继两个时期, 则有

因而

t_1, t_2

$$Q_2 = C_2 + S_2 + H_2$$

$$Q_1 = C_1 + S_1 + H_1$$

即

$$Q_2 - Q_1 = C_2 - C_1 + S_2 - S_1 + H_2 - H_1$$

$$S_2 - S_1 + H_2 - H_1 = Q_2 - Q_1 - (C_2 - C_1) \quad (7)$$

$$= (Q_2 - C_2) - (Q_1 - C_1)$$

$$= \left(\frac{Q_2 - C_2}{L_2} - \frac{Q_1 - C_1}{L_1}\right)L_2 + \frac{Q_1 - C_1}{L_1}(L_2 - L_1)$$

在上式中, L 表示劳动力, 因而 $\left(\frac{Q_2 - C_2}{L_2} - \frac{Q_1 - C_1}{L_1}\right)L_2$ 表示由于劳动生产率 $(Q-C)/L$ 的提高而带

来的附加值的的增长, $\frac{Q_1 - C_1}{L_1}(L_2 - L_1)$ 表示由于劳动力 L 的增加而带来的附加值的的增长, 因

而由于科技进步带来的经济增长就是

这样, 科技进步在经济增长中的贡献率为

$$\eta_s = \frac{L_2 \left(\frac{Q_2 - C_2}{L_2} - \frac{Q_1 - C_1}{L_1}\right) + (Q_1 - C_1) \frac{L_2 - L_1}{L_1}}{Q_2 - Q_1} = 1 - \varepsilon_1 \frac{Z}{Y} - (1 - \varepsilon_1) \frac{W}{Y}$$

在上式中, $\varepsilon_1 = \frac{C_1}{Q_1}, \varepsilon_2 = \frac{C_2}{Q_2}$ 分别为两个时期的物耗率: $Z = \frac{C_2 - C_1}{C_1}, Y = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}, W = \frac{L_2 - L_1}{L_1}$

(三) 测算实例

将前述诸公式用于某国、某地区、某部门或某企业的经济增长因素分析, Y 应是以可比价格计算的, 而 L 亦应以某种不变标准计算(如以“职工人数”计算)。

下面以微软公司为例说明科技进步贡献率的测算方法, 根据 M·A·Cusumano 等提供的资料, 我们推断微软公司近些年来销售收入构成是: 营销(包括广告费用)开支占 30%, 物耗率大约为 10%左右, 工资占 10%左右, 研究开发投入占 13%左右, 一般管理费用为 2%, 而税前净利约为其销售额的 35%左右。这样, 微软公司 1988 年的物耗率为 10%左右, 经济增长率为 71%,

劳动力增长率为 23.7%, 即 $\varepsilon_1 \approx \varepsilon_2 \approx 10\%$, $Y \approx 71\%$, $w \approx 23.7\%$, 根据测算公式(6), 微软公司科技进步在经济增长中的贡献率为

$$\eta_s = 1 - \varepsilon_2 - \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{Y} - (1 - \varepsilon_1) \frac{W}{Y} = 1 - 10\% - (1 - 10\%) \cdot \frac{23.7\%}{71\%} = 60\%$$

而劳动力在经济增长中的贡献率为 30%, 不变资本在经济增长中的贡献率为 10%。

表 1 是美国制造业 1981—1985 年的经济增长因素分析情况。在这 5 年间, 其物耗率平均为 59%, 劳动力平均每年减少 0.86%, 物耗的年均增长率为 2.85%, 而经济增长率平均为 3.1%, 这样, 在平均的意义上, 由测算公式(9)可知, 其间美国科技进步在制造业经济增长中的贡献率平均为 60%, 资本的贡献率为 53%。

表 1 美国制造业 1981—1985 年经济增长因素分析(%)

经济增长率	物耗增长率	劳动力增长率	物耗率	科技进步贡献率	劳动力贡献率	资本增长贡献率
3.1	2.85	-0.86	59	60	-13	53

关于印度 1989—1991 年工业经济增长因素的分析, 见表 2。

表 2 1989—1991 年印度工业经济增长因素分析(%)

年份	1989	1990	1991
经济增长率		12	5
物耗率	82.3	82.1	82.2
劳动力增长率		0.98	0.85
科技进步贡献率		19	13
不变资本增长贡献率		80	84
劳动力增长贡献率		1	3

关于我国工业经济增长因素的分析, 测算结果见表 3, 对其物耗率作了修正。

表3 我国工业经济增长因素分析(1953—1995)

年份	经济增长率	物耗率	劳动力增长率	科技进步贡献率	劳动力贡献率	资本增长贡献率
1953	30.3	65.3	17	20.5	18.5	61
1954	16.3	66.2	17.1	-8.1	36.4	71.7
1955	5.6	66.5	9.6	-29.8	57.9	71.9
1956	28.1	66.9	31.2	-4.1	37.2	66.9
1957	11.5	63.5	-2.8	74.2	-8.1	33.2
1958	54.8	63	146.2	-60.4	97.4	63
1959	36.1	64.5	-9.9	41.3	-10	68.7
1960	11.2	65.5	9.4	-3.9	29.7	74.2
1961	-38.2	67.5	-19.7	-20	-17.8	-62.2
1962	-16.6	67	-20	9	-39	-70
1963	8.5	66	-3.4	59	-13.2	54.2
1964	19.6	63.7	4	41.1	6.9	52
1965	26.4	64	8.6	23.1	11.8	65.1
1966	20.9	62.7	7.2	31	12.4	56.6
1967	-103.8	63.5	1.9	-46.1	3.8	-57.7
1968	-5	65	2	-81.1	14.6	-33.5
1969	34.3	64.7	13	10.9	13.3	63.8
1970	32.6	62.7	18	23.9	19.5	56.6
1971	14.7	63.1	14	8.2	26	65.8
1972	6.9	63.3	8	-9	42.8	66.2
1973	9.5	65	5.7	-5	22	83
1974	0.6	65	2.3	-99	134	65
1975	15.5	66	9.9	5	22	73
1976	2.4	66	5	-37	71	66
1977	14.6	66.1	54	22.8	12.5	64.7
1978	13.5	64.9	4.8	32	12	56
1979	8.8	65.2	4.2	14.6	16.8	68.6
1980	9.3	65	5	16.3	18.7	65
1981	4.3	66	4.6	-26.7	37.4	89.3
1982	7.8	66.5	2.7	15.3	11.8	72.9
1983	11.2	66.9	1.8	24.1	5.4	70.5
1984	16.3	67	2.7	28.6	3.8	67.6
1985	21.4	67.4	4	26.4	4.3	69.3
1986	11.7	68.1	4.1	14.6	11.4	74
1987	17.7	69	3.3	20	6	74
1988	20.8	79.3	3.1	18.8	4.6	76.6
1989	8.5	71.7	1.1	8	3.8	88.2
1990	7.8	72.4	2.4	10.6	9	81.4
1991	14.5	72.7	2.7	20.3	5	74.7
1992	27.5	73.3	1	23.5	1	75.5
1993	28	74.5	0.08	21.2	0	78.9
1994	24.2	74	1.3	27	1	72
1995	20.3	75.3	2.5	15.7	3	81.3
1953—1965				15.7	23.1	61.2
1966—1975				-16	31	85
1976—1980				10	26	64
1981—1985				13.5	12.5	74
1986—1990				14.4	7	78.6
1991—1995				21.5	2	76.5

二、中国 30 个省市自治区 1981~1995 年科技进步在经济增长中贡献的测算

根据前述研究结果, 科技进步在经济增长中的贡献率的测算公式为:

$$\eta_s = 1 - \varepsilon_2 - \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{Y} - (1 - \varepsilon_1) \frac{W}{Y}$$

由上式可以推导出科技进步在经济增长中的贡献 a 为

$$\begin{aligned} a &= \eta_s \cdot y = (1 - \varepsilon_2)y - \varepsilon_2 - (1 - \varepsilon_1) \frac{w}{y} \\ &= y - \varepsilon_2 y - \varepsilon_2 + \varepsilon_1 - (1 - \varepsilon_1)w \end{aligned} \quad (10)$$

在上式中, $\varepsilon_2 y + \varepsilon_2 - \varepsilon_1$ 是不变资本在经济增长中的贡献, $(1 - \varepsilon_1)w$ 则是劳动力在经济增长

这样, 根据公式 (9) 可以测算出中国各省市自治区科技进步在经济增长中的贡献率, 而根据公式 (10) 则可以测算出其科技进步在经济增长中的贡献。

测算中所用数据皆来自于李强、许宪春等编著的《中国国内生产总值核算历史资料》(东北财经大学出版社, 1997 年版) 及邵宗明等编著的《改革开放十七年的中国地区经济》(中国统计出版社, 1996 年版) 两书。经济增长速度 y 由“总产出指数”算出, 劳动力增长率 w 由“从业人员数”算出。而对于物耗率 ε , 由于存在一定的统计误差, 而使物耗率上升过快。为此, 本文对各省市自治区各年物耗率进行了适当修正, 修正后的物耗率一般比统计值低 3% 左右。

表 4 1981—1985 年中国 27 个省市自治区科技进步与经济增长的差异(%)

	总产出增长率	物耗率	物耗率变化	劳动力增长率	不变资本贡献率	科技进步贡献率	科技进步贡献
北京	11.92	61	-0.8	2.9	57.5	33.5	4
天津	10.12	65	0.4	0.92	60	30	3
上海	8.38	60	0.8	1.19	70	24	2
江苏	15.5	59	0.6	2.95	64	28	4.3
浙江	17.8	55	0.6	4.6	59	29	5.1
黑龙江	7.58	54	0.8	3.58	65	14	1.1
吉林	11	63	0.2	5.39	65	17	1.9
辽宁	10.14	62	0	4.18	62	22	2.2
内蒙古	14.04	56	-0.8	4.17	50	37	5.2
安徽	14.87	50	0	3.87	50	37	5.6
福建	14.62	51	0.2	3.65	52	36	5.4
江西	8.88	55	-0.4	3.16	51	33	2.9
山东	12.62	55	-0.4	2.69	52	38	4.8
河南	12.72	53	0.4	3.74	57	30	3.8
湖北	13.16	57	-0.2	2.41	55	37	4.9
湖南	9.64	52	0	2.6	52	35	3.4
广西	8.84	52	-0.6	3.37	45	37	3.3
四川	13.76	51	0.2	2.8	52	38	5.2
贵州	12.06	52	0	3.77	52	33	4
云南	11.23	49	0	3.56	49	35	3.9
陕西	11.2	56	-0.8	3.49	50	36	4
甘肃	8.75	56	0.6	6.31	64	4	0.4
青海	7.03	51	-2	3	22	57	4
宁夏	11.8	56	0.8	0.34	73	26	3.1
新疆	12.09	51	-0.4	2.27	50	41	5
河北	10.77	55	-0.4	3.2	52	34	3.7
山西	13.53	58	-0.2	2.85	56	35	4.7

表5 1986—1990年中国27个省市自治区科技进步与经济增长的差异(%)

	总产出 增长率	劳动力 增长率	物耗率	物耗率 变化	不变资 本贡献 率	科技进 步贡献 率	科技进 步贡献
北京	10.4	2.34	62	0.6	68	23	2.4
天津	10.51	2.92	64	-0.4	60	30	3.1
上海	6.42	0.31	66	2.4	90	8	0.5
江苏	14.35	1.81	65	1.2	75	22	3.2
浙江	12.8	1.95	61	1.6	74	20	2.6
黑龙江	7.63	2.15	59	1	75	14	1.1
吉林	8.92	4.68	63	-0.2	61	20	1.8
辽宁	9.91	1.41	63	0.8	71	24	2.4
内蒙古	0.04	1.54	56	-0.2	54	39	3.1
安徽	8.43	3.01	56	1	68	20	1.7
福建	14.56	10	56	1.2	63	27	4.1
江西	9.07	2.77	57	0.6	62	25	4.5
山东	14.02	2.57	61	1.6	72	21	2.9
河南	11.32	3.03	58	1	67	24	2.7
湖北	8.57	2.06	60	0.6	67	23	2
湖南	8.55	2.97	53	0.6	60	24	2.1
广西	6.84	2.87	53	0.4	59	21	1.4
四川	10.37	2.79	55	1.4	69	19	2
贵州	8.29	4.35	52	0.8	62	13	1.1
云南	10.59	2.83	48	-0.6	43	43	4.6
陕西	10.12	2.77	59	0.8	66	23	2.3
甘肃	11.24	3.63	58	0.6	64	23	2.6
青海	6.11	2.4	52	2	86	5	0.3
宁夏	8.06	3.58	58	0	58	23	1.8
新疆	11.22	1.77	52	0.8	60	32	3.6
河北	10.66	2.95	5.8	0.8	65	23	2.5

表 6 1991—1995 年中国 29 个省市自治区科技进步与经济增长的差异 (%)

	总产出 增长率	物耗率	物耗率 变化	劳动力 增长率	不变资 本贡献 率	科技进 步贡献 率	科技进 步贡献
北京	19.33	63	0	1.19	63	35	6.8
天津	17.11	71	0	0.16	71	29	4.5
上海	17.11	64	0.3	0.18	66	34	5.8
江苏	26.9	70	1.4	0.45	71	28	7.5
浙江	24.36	69	1.4	0.52	71	28	6.8
黑龙江	8.79	59	-0.4	1.48	54	39	3.4
吉林	12.01	65	0.6	1.68	71	23	2.8
辽宁	15.89	68	1.2	1.34	75	22	3.5
内蒙古	11.32	58	0.6	2.17	63	29	3.3
安徽	19.5	64	1.6	2.69	72	23	4.6
福建	26.43	61	1.2	3.06	66	29	7.7
江西	19.57	60	0.8	2.95	65	29	5.8
山东	22.07	66	1.2	1.51	71	27	6
河南	17.5	63	1	1.99	69	25	4.4
湖北	15.71	65	1.6	0.81	75	23	3.6
湖南	14.52	58	1.2	1.08	64	31	4.5
广西	19.1	56	0.8	2.47	61	33	6.3
广东	30	65	1.2	2.7	69	28	8.4
海南	23	60	1.4	1.9	66	31	7.1
四川	17.11	67	1.2	1.42	70	27	4.6
贵州	9.68	54	0.2	1.87	57	34	3.3
云南	14.77	53	1.4	2.25	63	30	4.4
陕西	11.65	62	1	2.09	69	24	2.8
甘肃	11.33	64	1.6	2.8	78	13	1.5
青海	8.84	56	0.6	3.2	63	21	1.9
宁夏	10.77	62	1.4	2.69	76	25	2.7
新疆	12.4	60	2	1.81	76	18	2.2
河北	18.9	62	1.2	1.93	69	27	5.1
山西	12.74	66	1.6	1.78	79	16	2

表7 1981—1995年中国科技进步与区域不平衡增长(平均每年%)

	总产出增长率	劳动力增长率	物耗率	物耗率变化	科技贡献率	劳动力贡献率	资本贡献率	科技贡献
北京	13.8	2	64	0	31	5	64	4.3
天津	13.5	1.8	71	0.67	20	4	76	2.7
上海	10.5	0.6	64	0.8	27	2	71	3
广东	21	2.5	59	1.2	30	5	65	6.3
山东	16.2	2.3	63	0.8	27	5	68	4.4
江苏	18.8	1.7	67	1.13	24	3	73	4.5
浙江	18.2	2.3	63	1.2	25	5	70	4.6
福建	18.4	3.2	58	0.87	30	7	63	5.5
江西	12.4	3	60	0.33	27	10	63	3.3
山西	11	2.8	64	0.53	22	9	69	2.4
内蒙古	11.1	2.6	60	0.13	32	9	59	3.6
辽宁	14.8	2.3	66	0.67	24	5	71	3.6
黑龙江	8	2.4	55	0.47	25	14	61	3.6
吉林	10.6	3.9	65	0.2	18	13	69	2
安徽	14.2	3.2	60	0.87	25	9	66	3.6
河南	14.3	2.9	59	0.8	27	8	65	3.9
河北	13.4	2.7	61	0.53	27	8	65	3.6
湖南	10.9	2.5	57	0.6	27	10	63	2.9
湖北	14.2	1.8	63	0.67	27	5	68	3.3
广西	11.5	2.9	57	0.2	30	11	59	3.5
海南	23.4	1.9	60	1.4	31	3	66	7.3
四川	13.7	2.3	58	1	28	7	65	3.8
贵州	10	3.3	53	0.37	28	16	56	2.8
云南	12.2	2.9	54	0.47	31	11	58	3.8
陕西	11	2.8	62	0.27	26	10	64	2.9
甘肃	10.4	4.2	61	0.93	14	16	70	1.5
宁夏	10.2	2.2	59	0.73	25	9	66	2.6
青海	7.3	2.9	58	0.2	22	17	61	1.6
新疆	11.9	1.9	57	0.8	29	7	64	3.5

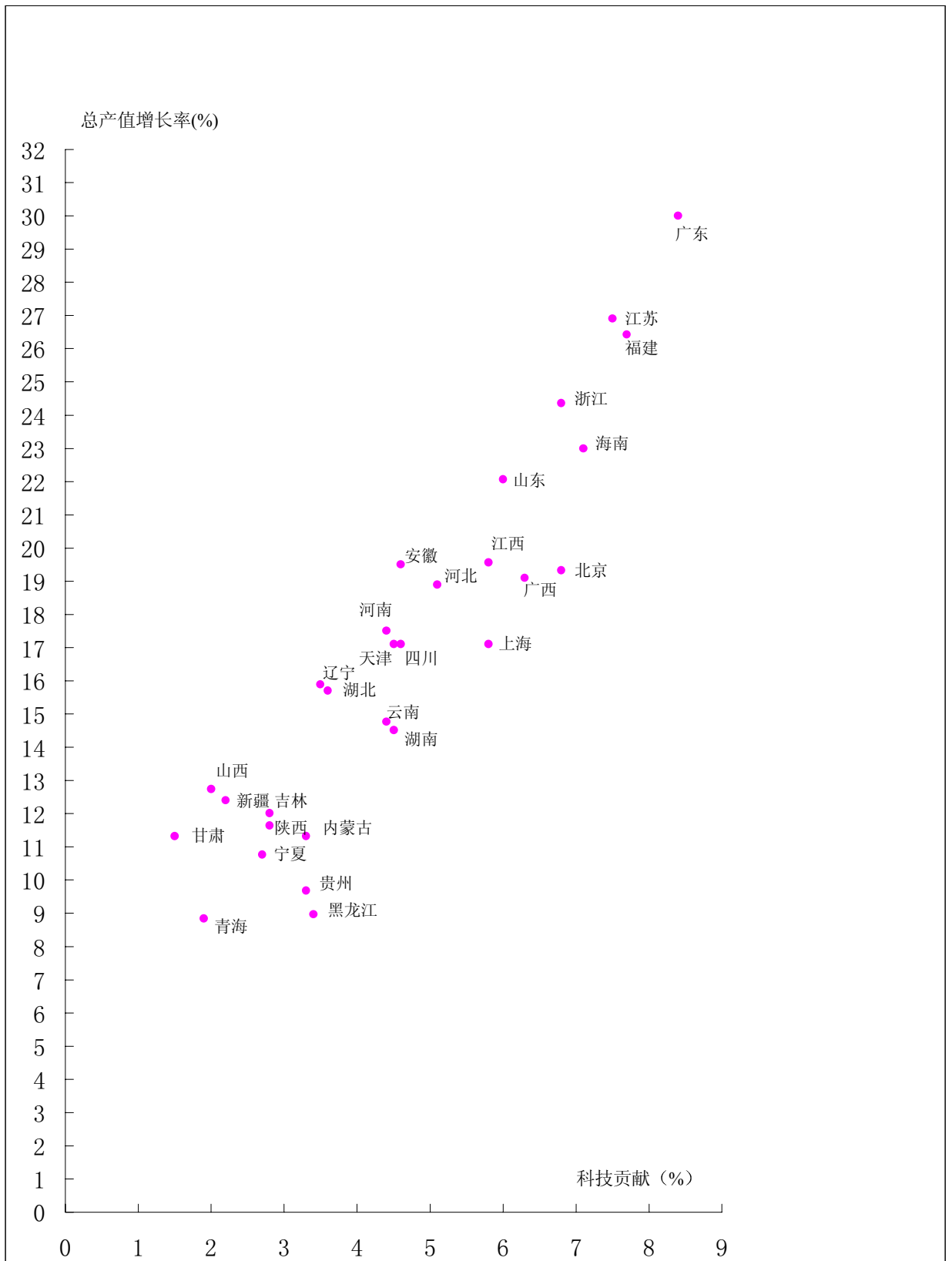


图2 1991-1995年中国29个省市自治区科技进步与经济增长的关系

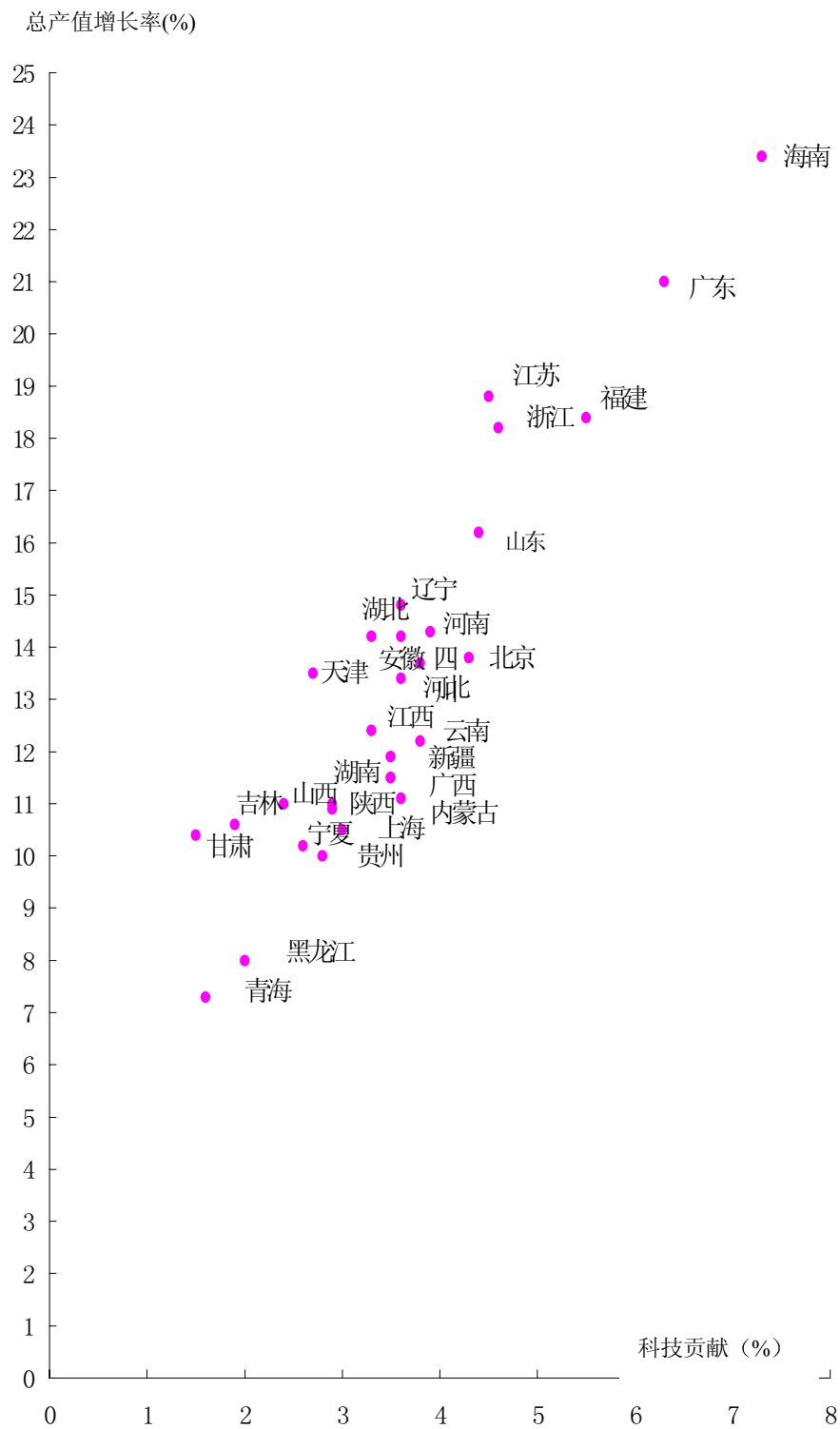


图3 1981-1995年中国29个省市自治区科技进步与经济增长的关系

在表 4、表 5 和表 6 及表 7 中,由于缺乏有关数据,没有能对西藏及广东省(1981-1990)年作出测算,而对广东省 1991-1995 年的测算对象是农业、工业、建筑业、运输业、邮电业和商业这些物质生产部门。对北京、上海的物耗率数据也作了适当调整。

从测算结果看,1981-1995 年沿海地区经济增长率和科技进步在经济增长中的贡献都明显高于中西部地区,增长最快的广东省(包括海南省)比增长最慢的青海省、黑龙江省的增长率高 3 倍左右。1981-1995 年,东部地区(辽宁、河北、北京、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西、海南)总产出的增长率平均达 16%,而中部地区(黑龙江、吉林、内蒙古、山西、河南、湖北、湖南、江西、安徽)总产出的增长率平均为 11.9%;西部地区(陕西、甘肃、宁夏、青海、西藏、新疆、重庆、四川、云南、贵州)总产出的增长率平均为 10.8%。

从表 4 至表 7 的经济增长因素分析看,当前决定中国各区域经济增长的首要因素都是资本,不变资本在经济增长中的贡献率普遍大于 60%,因而造成中国区域经济增长不均衡的第一位的原因是不同区域投资(从而不变资本)的增长率不同,这在很大程度上又取决于这些区域的改革开放程度。事实上东部地区首先是由于吸引了大量外资而得到非常快速增长的。而第二位因素,当然也是越来越重要的因素,便是科技进步,东部地区正是由于能够把引进外资与引进先进技术(包括管理技术)较好地结合起来,才有长达二十年(1978-1998 年)的高速增长。

从经济增长因素分析的角度,目前中国各区域的经济都早已走出劳动力经济(劳动力增长在经济增长中的贡献率大于 60%)时代,正处于典型的资本经济(不变资本在经济增长中的贡献率大于 60%),而与知识经济(科技进步在经济增长中的贡献率大于 60%)尚有很大差距,因而提高科技进步在经济增长中的贡献率,转变经济增长方式,提高经济增长质量,这是今后中国各区域经济协调、持续、快速增长的关键因素之一。

三、沿海地区与中西部地区经济增长率和科技贡献差距较大的原因及其缩小对策

(一) 沿海地区经济快速增长、科技贡献较大的原因

1. 观念创新

深圳从一个小渔村在不到 20 年的时间内迅速崛起为 GDP 超过千亿元的经济中心城市,原因之一,首先就在于其观念创新,在于其“敢为天下先”,在于其站得高、看得远,率先发展高科技产业。1997 年深圳 IT 产业增加值达 347 亿元,占全市 GDP 的 30.7%;信息装备业产值 588 亿元,占全市工业总产值的 46.8%。

2. 通过改革开放,吸引了大量外资

1981-1995 年,沿海地区吸引外资额一直占全国的 80.3%以上,正是大量外资不断注入使得沿海地区的经济充满活力地增长。

3. 不断引进先进技术,并在消化吸收基础上有所创新

广东科龙集团 1983 年创业以来,先后进行了六次大规模的技术引进,并在消化吸收的基础上不断做出技术创新,这使其冰箱产值一直居全国同行之首,占领全国很大的市场份额。

4. 技术创新与制度创新的互动

海尔平均 3-5 天开发一个新产品、获得一项专利权,其产品的国内外市场占有率迅速提高,在于技术创新与制度创新的互动,在于其“三工(优秀员工、合格员工、试用员工)并存、动态转换”的用人制度,在于其“日事日毕、日清日高”的管理制度,在于其“年薪制(总裁)、承包制(科技人员)、计件制(工人)、提成制(营销人员和外贸人员)、岗位工资制(管理人员)”的多样化的合理分配制度。

5. “孔雀东南飞”,大量人才流向沿海地区

沿海地区企业十分重视人才的引进、开发和任用工作,美的集团就认为“宁肯放弃一百

万的利润不做,也决不放过一个有用的人才”。该企业“人员可进可出,工资可高可低,职位可升可降”,形成了良性机制,汇集了大量人才。

6. 非国有经济迅速发展

1981年,江苏省国有工业和集体工业的总产值分别为276.7亿元、224.2亿元,而城乡个体工业和其他经济工业仅分别为0.1亿元和3.74亿元,乃微不足道。而到1995年,国有工业、集体工业、城乡个体工业和其他经济工业分别为2498亿元、7841亿元、582亿元和1701亿元。

7. 优惠的政策

众所周知,沿海地区特别是经济特区和经济技术开发区在1981—1995年这15年中,享有十分优惠的政策。

8. 经济体制改革进展较快

沿海地区是率先进行经济体制改革的,市场机制不断得到强化和完善。

(三) 中西部地区经济增长速度较低、科技进步贡献较低的原因:以黑龙江省为例

1981—1995年黑龙江省经济增长率平均仅为8%,科技进步在经济增长中的贡献也仅为2%,大大低于东部地区各省市,造成这种现象的原因很多,但主要原因是:

1. 观念上的原因

由于受传统计划经济影响较重,加之黑龙江省得天独厚的资源优势(有句谚语讲以往黑龙江省资源丰富的程度:棒打狍子、瓢舀鱼、野鸡飞到砂锅里)以及有史以来人口的相对稀少(相对于我国人口稠密省市),使许多黑龙江人产生了不愁吃、不愁穿、不思进取,小富即安的心里,小农意识强,缺乏危机感、缺乏市场竞争意识以及跻身世界等等现代观念,等、靠、要的思想意识严重。

2. 生产技术、产品结构、产业结构上的原因

主要问题是新产品开发不利,生产技术较落后,产业结构不合理。

① 高新产品过少,传统产品过多。

据90年代一次调查,黑龙江省工业产品按品种处于导入期的只占15%,处在成长期的占10%,处在成熟期的占25%,而处在衰退期的产品占一半左右。市场竞争力非常差。这直接原因就在于企业技术开发不力。

② 设备陈旧

黑龙江省工业企业设备老化情况也非常严重,全省达到国际先进水平的设备只占3.2%,比全国平均水平13%低9.8个百分点;达到国内先进水平的设备只占15.4%,比全国平均水平22%低6.6个百分点;全省有一半以上的设备在超期服役,经过系统技术改造的只有8%,经过一般改造的只有15.8%,全省每年完成的技术改造工作量还不如固定资产折旧,新度系数逐年下降,如机械行业相当一部分中小企业得不到改造,设备新度系数已由“六五”期间的0.54下降到1994年的0.47。

1997年,张成义副省长在一次会议上指出,“八五”期间,我省技术改造投资仅占固定资产投资的20.9%,比“七五”时期下降0.7个百分点,远远低于国家提出的30%的要求;银行贷款占技改投资比重由“七五”期间的31.9%下降到28.2%,也低于国家提出的35%的要求。即使是技术改造本身也存在着重外延轻内涵的问题,甚至以技术改造名义搞基本建设,造成投入大、工期长、效益差和“大而全、小而全”的重复建设。

③ 产业结构不合理

先后失却了两次产业结构调整机会,一次是80年代轻纺工业的崛起,另一次是90年代家电产业(彩电、冰箱、洗衣机、热水器、空调器等)的崛起;同时传统产业又受到越来越严重的冲击。这种资源型、“原字号”、初加工和过重的产业结构长期得不到调整。

3. 企业管理上的原因

由于企业管理不善,“跑、冒、滴、露”现象严重,使大量资源被浪费掉,物耗率持续攀升。该省工业产品成本构成的 70%左右是能源、原材料消耗。该省工业产品的能耗、物耗水平不仅同国外比有很大差距,就是同一种产品在省内不同企业的能耗、物耗的差距也是十分惊人的。以综合能耗(吨品耗标准煤)为例:啤酒最低的是 147 公斤,最高的是 485 公斤,差 2.5 倍;白酒最低的是 1126 公斤,最高的是 4720 公斤,差 3 倍之多;乳品最低的是 1300 公斤,最高的是 6400 公斤,差 4 倍之多;水泥最低的是 160 公斤,最高的是 316 公斤,差近一倍;玻璃最低的是 37 公斤,最高的是 90 公斤,差近 2.5 倍;内燃砖最低的是 98 公斤,最高的达 1868 公斤,竟差 20 倍。

经济效益连年滑坡,1980 年亏损企业占独立核算工业企业的比重只有 6.03%,1990 年上升到 17.2%,而 1995 年则达到 22.02%,资金利税率和产值利税率 1980 年分别为 28.2%、29.9%,1997 年则已降至 11%和 14.5%。

4. 企业经营机制上的原因

由于机制陈旧落后,不能适应市场竞争的需要,使企业缺乏活力、动力和能力,从而也就失去集约型经济增长的条件。

现在许多企业仍然是能上不能下(干部)、能进不能出(职工)、能高不能低(工资)、能设不能撤(机构),人浮于事、吃大锅饭的现象并未改变,企业主要领导频繁更换,各部门相互矛盾,职工缺乏积极性、主动性和创造性,致使人才和技术大量流失。

5. 所有制结构上的原因

所有制结构严重落后于改革开放的需要,公有制特别是国有制所占比重过大,私营经济,特别是民营高科技经济发展不快。

6. 企业规模、组织结构上的原因

主要问题是散——生产集中度低、低——低水平重复建设、差——市场应变能力差。对此田凤山省长作了比较深刻的分析。

1998 年,田凤山省长在一份调研报告中指出,我省工业结构不合理,结构性矛盾相当突出。一是产业结构层次比较低。具体表现在重工业比重大,轻工业比重小,两者之比为 7:3;资源型产业比重大,加工制造业比重小,采掘业、原材料工业与加工制造业的比例为 44.4:30.2:25.4;传统产业比重大,高新技术产业比重小,两者之比为 96:4。高新技术产值仅点全部工业产值的 4%,比全国低 4.3 个百分点。二是企业“大而全”、“小而全”的问题相当严重。突出表现是企业规模小,专业化程度低,重复建设多,产业结构趋同严重。例如全省乳品厂发展到 160 家,其中大部分是日处理鲜奶 10-20 吨的小厂;在 89 家啤酒厂中,年产 5000 吨以下的有 60 多个;在 29 家糖厂中,日处理甜菜 700 吨以下的有 18 家;年产万吨以上的造纸厂只有 11 家,大多数只有二三千吨。这种分散落后的生产力布局,难以形成特色经济,既削弱了地区经济的互补性,又造成了盲目竞争。三是支柱产业断层。由于资源的衰竭和产业发展的主体转移缓慢,全省工业结构呈现出旧的支柱产业逐步衰落、新的支柱产业尚未形成的局面,尤其是缺少能够适应时代发展的替代产业和新兴产业。结构调整,势在必行。否则,势必造成资源的加速衰减,而失去资源利用所能达到的最好效益,势必加剧结构失衡;而失去从宏观经济协调发展中所得到的最好效益,势必造成产品技术含量低;而失去依靠科技进步所能达到的最好效益,势必助长低水平的重复生产和建设;而失去生产力合理布局、地区经济合理分工所能达到的最好效益,整个经济难以从根本上摆脱低速低效、徘徊不前的困境。

7. 经济环境上的原因

大多数国有老企业社会负担重、资产负债率高,税费又大,因而缺乏发展资金,技术改造、技术创新受到严重影响,而在黑龙江省这样的企业为数众多。

齐齐哈尔第二机床厂是 1950 年建厂的国有大型企业,其 1995 年取暖、防寒费近 2000 万

元,支付离退休金、中小学、职工医院经费和工资近 2000 万元,占当年销售收入 18031 万元的 22%,同时要负担 6500 万元的财务费用(资产负债 97.7%),而这年的亏损额为 3764 万元。

8. 地理位置上的原因

地处我国的最东北端,由于交通原因,影响对外贸易;由于俄罗斯经济一直不景气,以及距离东南沿海地区较远,造成引进外资、引进外国先进技术和接收世界科技——经济信息上的困难。

许多企业,其产品的市场前景非常好,只是由于缺乏资金而没有发展起来,如牡丹江特种水泥厂的彩色水泥为东北三省唯一厂家,产品市场广阔,发展前景十分可观,只是缺乏资金没有发展起来,又如曾以“斑马”牌油漆闻名的哈尔滨油漆厂 1994 年投资 400 万元建成的高档木器漆生产线,只因缺少 500-1500 万元的启动资金而闲置,如果这些企业能够及时引进外资,无疑会获得快速发展。

9. 政策上的原因

许多企业不仅享受不到东南沿海许多企业或三资企业、乡镇企业、个体户等享受的优惠政策,而且造成政策性亏损,使企业严重缺乏资金,无力走出粗放化的困境。

10. 经济体制上的原因

可以说,黑龙江省是最早进入计划经济,最后退出计划经济至今在某些方面仍受到计划经济的严重影响的省份。

(三) 缩小中西部地区与东部地区在科技进步和经济增长上的差距的几点对策

1. 中西部地区要进一步转变观念,培植适应于社会主义新型市场经济的企业精神和企业文化。
2. 中西部地区要把技术创新、制度创新同管理创新结合起来,采取创新集成的战略。

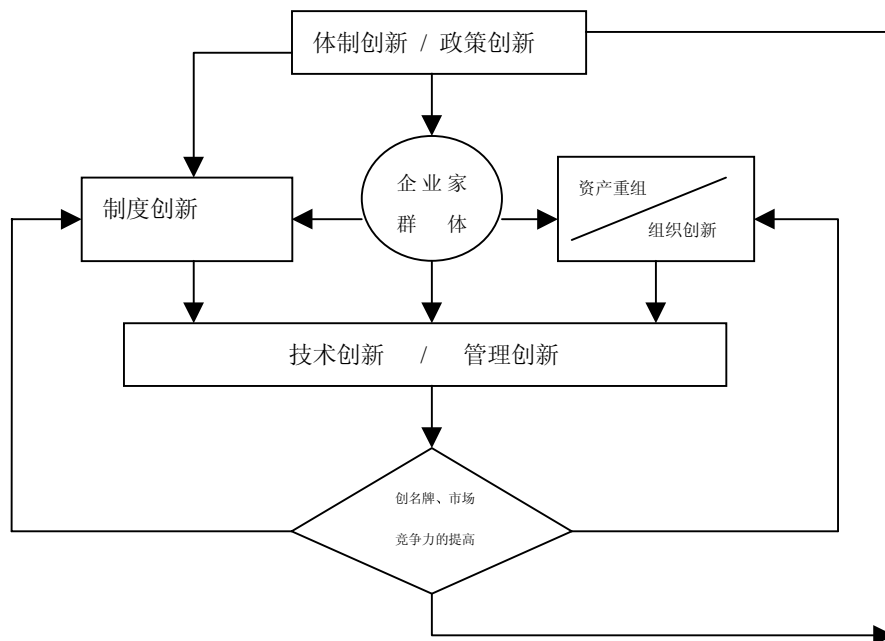


图 4 创新集成战略

3. 中西部地区要进一步加大招商引资力度,把调整产品结构、产业结构、同资产重组、招商引资有机结合起来。

4. 进一步加强各区域的经济技术合作,充分发挥先进地区对落后地区的支援和带动作用。

5. 国家在财政、税收、金融、贸易、重大项目等方面给予中西部地区更大的扶植和支持。

主要参考文献

1. Solow, R. M., "Technical Change and the Aggregate Production Function", Review of Economics and Statistics, 312-320(1956)
2. Tsu Kai Yeien Decomposition of Chinas Regional inequalities, Journal of Comparative Economics 17, 600-627, 1993
3. 林毅夫、蔡方、李周,《中国的奇迹:发展战略与经济改革》,上海三联书店,1994
4. 丁琳、陈平,一个中国各地区经济增长的实证研究,《经济科学》,1998年第4期
5. 陆大道等,《1997中国区域发展报告》,商务印书馆,1997
6. 林毅夫、蔡方、李周,中国经济转型时期的地区差距分析,北京大学中国经济研究中心编:内部讨论稿,1998年3月版
7. 李京文主编,《21世纪中国经济大趋势》,辽宁人民出版社,1998
8. 胡鞍钢,《中国下一步》,四川人民出版社,1995
9. 海闻等,《国际贸易》,上海人民出版社,1998

附:关于科技进步与经济增长的进一步研究

本文建立的经济增长模型为:

$$y = a + \varepsilon_1 Z + (1 - \varepsilon_1) W \quad (1)$$

应用此模型,可以相当广泛地讨论一系列有关经济增长的问题:

一、科技进步在经济增长中的贡献率的测算方法

$$\eta = 1 - \varepsilon_1 \frac{Z}{y} - (1 - \varepsilon_1) \frac{W}{y} \quad (2)$$

二、科技进步与规模收益

关于规模收益, J·伊特韦给出一个比较科学的定义:

若生产某一商品 Q 的投入为 x_1, x_2, \dots, x_n , 其生产函数为

$$Q = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (3)$$

如果所有投入都乘以一正的标量 t, 那么就可以用 $t^s Q$ 来表示产出, S 的值被用来表示规模报酬的大小。如 $S=1$, 则规模报酬不变; 若 $S>1$, 则规模报酬递增; 若 $S<1$, 则规模报酬递减。

这样, 按照公式(1), 若

$$Z = W = t - 1 \quad (4)$$

即 $y = a + \varepsilon(t-1) + (1-\varepsilon)(t-1) = a + t - 1$
亦即

$$\frac{t^s Q - Q}{Q} = a + (t-1)$$

从而 $t^s - 1 = a + t - 1$

因而 $t^s = a + t$

(5)

这样 若 $a > 0$, 则 $s > 1$

若 $a = 0$, 则 $s = 1$

若 $a < 0$, 则 $s < 1$

而在知识经济条件下科技进步的贡献是大于零的, 因而在 J·伊特韦的定义下, 知识经济将是收益递增的经济。

另外, 我们可以把公式(1)分解为

$$y = \tau u + \varepsilon_1 z + (1 - \varepsilon_1)W \quad (6)$$

其中 u 是科技投入增长率, $\tau = a/u$

这样, 我们可以区别出下列几种特殊情况

1. $Z=W=0$, 即在不变资本和劳动力投入不变的情况下, 增加科技投入, 这时的规模报酬情况取决于系数 τ ; 即若 $\tau = 1$, 则规模报酬不变; 若 $\tau < 1$, 则规模报酬递减; 若 $\tau > 1$, 则规模报酬递增。

2. $u=Z=0$

$$y = (1 - \varepsilon_1)W$$

由于 $1 - \varepsilon_1 < 1$, 因而 $y < W$, 即这时规模报酬总是递减

3. $u=W=0$ 则

$$y = \varepsilon_1 Z \quad (7)$$

由于 $\varepsilon_1 < 1$, 因而 $y < Z$, 即这时也是规模报酬递减。

4. 若 $u=0$ 且 $Z=W$

$$\text{则 } y = \varepsilon_1 Z + (1 - \varepsilon_1)W \quad (8)$$

即 $y=W=Z$

为规模报酬不变

5. 若 $Z=0$, 且 $u=W$

$$\text{则 } y = \tau u + (1 - \varepsilon_1)W$$

$$\text{这时, } y = \tau W + (1 - \varepsilon_1)W = (1 - \varepsilon_1 + \tau)W \quad (9)$$

这样, 若 $\tau = \varepsilon_1$, 则规模报酬不变; 若 $\tau > \varepsilon_1$, 则规模报酬递增; 若 $\tau < \varepsilon_1$, 则

规模递减。

6. 若 $u=Z=W$, 则 $y = \tau u + u$, 因而只要 $\tau > 0$, 就有 $y > u$, 即规模报酬递增; $\tau = 0$, 则

规模报酬不变; 若 $\tau < 0$, 则规模报酬递减。

三、知识资产价值的评估

随着从资本经济向知识经济的转变, 以知识资产为主导的无形资产所占的比重将越来越大。这样, 知识产权问题将成为经济活动中越来越重要的问题, 那么如何评估知识资产的价值呢? 从理论和实用的角度看, 比较科学可行的方法是收益现值法, 即知识资产的价值 P 为

$$P = \eta \sum_{t=1}^n \frac{M_t}{(1+i)^t} \quad (10)$$

这里 M_t 为企业第 t 年的预期收益, i 为贴现率, η 为该知识资产在经济增长中贡献率的平均值。例如某专利型高技术, 某企业使用该技术后, 其 1999-2003 年各年的预期收益、贴现系数、贴现值等如表 1 所示, 其中贴现率为 25%; 另据预测, 在此期间科技进步在经济增长中的贡献率为 70%, 由此可以评估出高技术的价值为 1.5092 亿元。

表 1 某专利型高技术知识资产价值的评估(单位:亿元)

年份	1999	2000	2001	2002	2003
预期收益	0.5	0.65	0.845	1.0985	1.428
贴现系数	0.8	0.64	0.512	0.41	0.32
贴现值	0.4	0.416	0.4326	0.4503	0.457
现值合计	2.1559				
知识资产价值	$2.1559 \times 70\% = 1.5092$				

四、经济增长的集约化

依靠科技进步和提高劳动者素质, 不断进行技术创新, 科技进步贡献率在 50% 以上, 产业结构不断优化, 并且物耗率不断降低, 这种经济增长方式称为集约型经济增长。这样, 可以用下列三个指标来评价经济增长的集约化程度:

1. 科技进步在经济增长中的贡献率 η
2. 劳动力贡献率 η_w 、不变资本贡献率 η_c
3. 生产能力利用率 λ

这样, 经济增长的集约化程度就可以用下式评价

$$\phi = \frac{\lambda \eta}{\eta_w + \eta_c} \quad (11)$$

进一步地, 我们可以得出如下判据

- (1) 如 $\phi > 1$, 则经济增长方式是集约型的
- (2) 如 $\phi \approx 1$, 则经济增长方式处于从粗放型向集约型转变的过渡状态中
- (3) 如 $\phi < 1$, 则经济增长方式是粗放型的。

对于知识经济, 一般由于科技进步贡献率大于劳动力贡献率和不变资本贡献率之和, 因而其增长将是集约型的。

五、科技进步与经济增长中的混沌

根据经济增长模型, 我们可以得到下列经济增长方程

$$\tau \frac{d^2 Q}{dt^2} + \varepsilon_1 \frac{dQ}{dt} + \left[\frac{d\varepsilon}{dt} - (1 - \varepsilon_1)W \right] Q = \frac{dQ}{dt} \quad (12)$$

在上述方程中, 左边第一项是科技的贡献, 即

$$\eta \frac{dQ}{dt} = \tau \frac{d^2 Q}{dt^2}$$

其中 η 为科技进步在经济增长中的贡献率, τ 为一比例因子。
这样

$$\frac{d^2 Q}{dt^2} = \frac{\eta}{\tau} \frac{dQ}{dt} = \lambda \frac{dQ}{dt}$$

其中 $\lambda = \eta / \tau$

进一步地, 上式可以变为

$$\frac{d^2 Q}{dt^2} / \frac{dQ}{dt} = \lambda$$

即

$$\frac{d \ln \frac{dQ}{dt}}{dt} = \frac{d \ln \frac{dQ}{Qdt}}{dt} + \frac{d \ln Q}{dt} = \frac{d \ln \frac{dQ}{Qdt}}{dt} + \frac{dQ}{Qdt} = \lambda$$

引入 $\frac{dQ}{Qdt}$, 则上式变为

$$\frac{y'}{y} + y = \lambda \quad (13)$$

即 $y' = \lambda y - y^2$

再令 $x = \frac{y}{\lambda}$, 则方程变为

$$\frac{dx}{dt} = \lambda x(1-x) \quad (14)$$

这一方程的差分方程为

$$x(t+\Delta t) - x(t) = \lambda \cdot \Delta t \cdot x(t)(1-x(t)) \quad (15)$$

其中 Δt 为时间步长。再令 $\mu = 1 + \lambda \Delta t$, 则

$$x_{n+1} = \frac{\lambda \Delta t}{1 + \lambda \Delta t} x_n(t + \Delta t) \quad (16)$$

即 $x_{n+1} = \mu x_n(1-x_n)$

这便是典型的 logistic 映射, 它的不动点 x^* 满足

$$\mu x^*(1-x^*) = x^* \quad (17)$$

因而其不动点在理论上有两个

$$\left. \begin{aligned} x^* &= 0 \\ x^* &= 1 - \frac{1}{\mu} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

当 $0 < \mu < 1$ 时, 不动点 $x^* = 0$ 是稳定的; 当 $\mu > 1$ 时, 不动点 $x^* > 0$ 是不稳定的; 而不动点 $x^* = 1 - 1/\mu$ 在 $1 < \mu < 3$ 时稳定, 在 $\mu > 3$ 时不稳定。并且随着 μ 的增大, x 的“周期数”迅速增大。特别从 $\mu = \mu_\infty$ 开始, x 即出现非周期混沌解, 出现周期倍分岔。

$$\mu_\infty = \lim_{n \rightarrow \infty} \mu_n = 3.569945 \dots$$