

我国安全生产发展趋势的计量分析^{*}

颜伟文¹, 韩光胜², 陈国华², 陈清光¹

(1. 广东省安全科学技术研究所, 广东 广州 510620;

2. 华南理工大学 安全科学与工程研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 在分析我国1990~2005年安全生产指标变动规律的基础上, 建立了安全生产指标的长期趋势模型, 并对安全生产指标进行了预测。同时, 分别以人均GDP指标为解释变量、安全生产指标为被解释变量建立了计量关系模型, 以此反映我国安全生产随经济发展的变动规律。研究表明, 从业人员10万人死亡率呈波动上升趋势, 与人均GDP指标存在显著二次关系; 亿元GDP死亡率指标呈现持续下降趋势。这表明在我国经济总量快速增长的过程中安全负担水平得到了较好控制。

关键词: 经济发展; 安全生产; 趋势分析; 计量模型

中图分类号: X928 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)01-0088-04

0 引言

研究表明^[1], 安全生产状况与经济发展水平之间关系十分密切, 在经济发展水平较低阶段, 工伤事故造成的死亡人数很少; 在经济高速发展、能源化工与制造业大力发展阶段, 生产事故率和死亡人数呈快速上升趋势; 在经济发展的更高阶段, 随着产业结构调整, 经济发展带来的积累使安全投入力度加大, 安全本质化水平提高和全民安全素质增强, 生产安全事故呈现快速下降趋势, 形成一个开口向下的不对称抛物线。通常认为人均GDP处于1 000~3 000美元之间时, 安全生产事故处于多发和易发期, 当人均GDP超过5 000美元时, 10万人死亡率将趋于稳定下降的态势。有学者研究认为人均GDP达到2 000美元以上时安全事故与死亡人数上升趋势可以得到控制并逐步下降^[2]。还有学者研究表明当一个国家人均GDP在5 000美元以下时, 工业事故和伤亡增加并大范围波动; 人均GDP在达到1万美元左右时, 工伤事故可达到稳定下降; 人均GDP达到或超过2万美元时, 工伤事故可以得到较好控制, 特重大事故概率很低, 伤亡人数明显下降, 基本不出现较大波动反复^[3]。

但是这些规律并非适用于所有的地区和部门,

由于社会经济结构不同, 相同经济水平下的国家或地区其安全生产水平可能会处于不同的阶段^[4]。在我国社会经济高速发展的时期, 如何发挥我国的制度优势, 借鉴发达国家经验有效缩短事故易发期, 实现安全生产的跨越式发展, 将是政府决策和安全管理部门需要解决的问题^[5]。

安全生产受社会经济发展的影响, 同时安全也是影响经济持续稳定发展的重要因素^[6]。本文选取我国1990~2005年的安全生产数据, 分析其长期变动趋势及规律, 建立安全指标的趋势变动模型。为反映经济发展与安全生产的关系, 选取人均GDP指标为解释变量、安全生产指标为被解释变量建立其计量模型, 研究社会经济发展对安全生产水平的影响关系。同时, 分析我国未来经济增长与安全生产水平的演变关系, 并根据当前我国安全生产中区域性事故多发的特点提出协调经济发展与安全生产的相关建议。

1 安全生产与经济发展指标计量分析

1.1 指标选取

安全指标选取通用且能较好表现安全水平的流量指标, 目前我国工矿商贸企业10万人死亡率和亿元GDP死亡率已经纳入国民经济统计指标体

^{*} 收稿日期: 2007-06-13

基金项目: 广东省科技厅软科学研究项目(2005B70101076)

作者简介: 颜伟文(1966-), 男, 广东南海人, 高级工程师, 广东省安全科学技术研究所副所长, 主要从事安全管理、安全评价、安全培训方面的研究. E-mail: ywwaq@263.net

系,因此选择这两个指标作为安全生产水平代表指标。考虑到2005年之前普遍采用国际上比较通用的从业人员10万人死亡率指标,为保障数据的可靠性,采用全国10万人死亡率代替工矿商贸10万人死亡率指标。经济增长指标选取人均GDP作为经济发展水平的代表指标。安全与经济指标时间序列数据选择能够反映我国经济快速发展的1990~2005年区间,数据来源于国家统计年鉴和其它安全生产统计资料与研究(表1)^[7-9]。

表1 1990~2005年我国安全生产
与经济发展数据

年份	人均GDP /元	死亡人数 /人	从业人员 10万人死亡率 /人/10万人	亿元GDP 死亡率 /人/亿元GDP
1990	1 634	68 342	5.98	3.93
1991	1 879	72 618	6.27	3.36
1992	2 287	78 568	6.71	2.95
1993	2 939	96 298	8.13	2.78
1994	3 923	99 672	8.32	2.13
1995	4 854	103 543	8.55	1.76
1996	5 576	101 600	8.3	1.49
1997	6 054	101 037	8.17	1.35
1998	6 308	104 126	8.34	1.33
1999	6 551	108 086	8.58	1.32
2000	7 086	117 718	9.29	1.32
2001	7 651	130 491	10.22	1.34
2002	8 214	139 393	10.85	1.33
2003	9 111	137 070	10.61	1.17
2004	10 561	136 755	10.52	0.86
2005	13 944	126 760	9.69	0.70

1.2 模型的建立

1.2.1 安全生产指标长期趋势分析

分析表1我国1990~2005年安全生产指标(10万人死亡率、亿元GDP死亡率)趋势(图1),通过对其规律性分析,选用指数函数作为其长期趋势模型^[10],即:

$$y = ae^{bt} \quad (1)$$

方程两边取对数得

$$\ln y = \ln a + bt \quad (2)$$

设 $a' = \ln a$, 为常数项, 得该模型的线性方程形式为:

$$\ln y = a' + bt, \quad (3)$$

式中: y 为安全指标观测值; t 为时间序列中各指

标对应期数; a 、 a' 、 b 为待估参数。根据表1中时间序列资料进行拟合(参数估计方法选用最小二乘法), 得到安全生产指标的长期趋势模型(表2)。

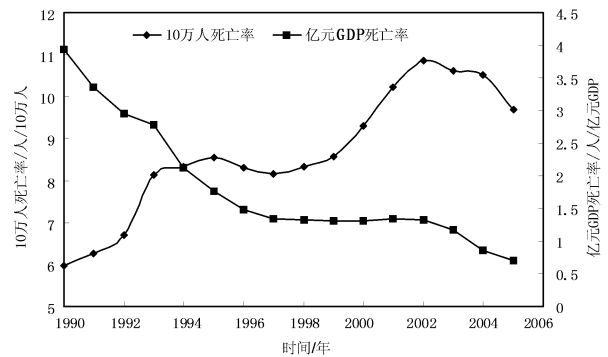


图1 安全生产指标趋势图

表2 安全生产指标时间序列模型

安全生产 指 标	参 数 估计值	模型检验			
		t -统计量	F -统计量	调整的可达 系数 R^2	
10 万人 死亡率	a'	1.85	46.24	70.31	0.82
	b	0.03	8.39		
亿元 GDP 死亡率	a'	1.30	15.82	127.43	0.89
	b	-0.10	-11.29		

通过对10万人死亡率和亿元GDP死亡率指标的序列相关图和偏相关图特征分析可以看出,这两个指标均为非稳态时间序列,采用差分自回归聚合滑动平均模型(ARIMA)进行预测,得到滞后二期的预测值(表3)。

表3 ARIMA(1, 1, 1)模型预测

安全指标	年	预测值	标准误差	95% 下限	95% 上限
10 万人死亡率	2006	9.41	0.55	8.33	10.48
	2007	9.27	0.75	8.10	10.44
亿元 GDP 死亡率	2006	0.53	0.17	0.20	0.85
	2007	0.46	0.22	0.01	0.71

从预测值可以看出,死亡人数总量在缓慢下降,相对指标10万人死亡率和亿元GDP死亡率也出现小幅度的波动,虽然两个指标都呈现下降趋势,但10万人死亡率下降趋势并不明显,这充分说明我国安全生产仍然处于较高水平,事故死亡人数总量仍比较大,事故多发的状况未得到有效改善,短时间内还无法实现安全形势根本好转的目标。通过对2006年预测值与实际统计值进行比较可以看出,指标预测值误差在6%左右,因此该预测模型可以为安全生产控制目标值的确定提供依据。

1.2.2 人均 GDP 与安全生产指标计量分析

(1) 人均 GDP 与 10 万人死亡率

人均 GDP 与 10 万人死亡率以及亿元 GDP 死亡率的变化关系如图 2 所示,从指标的散点图可以看出 10 万人死亡率随着经济增长呈现波动增加的曲线形式,在人均 GDP 达到 10 000 元时开始出现下降趋势,即出现拐点。而亿元 GDP 死亡率随着经济增长呈逐渐下降趋势,说明我国经济增长过程中安全负担承受能力逐渐增强,单位经济增长的生产安全事故水平不断降低。

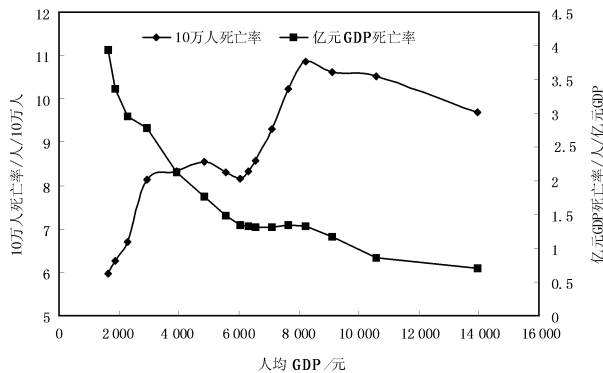


图2 人均 GDP 与安全生产指标相关图

根据黄盛初等人研究结果^[1],10 万人死亡率指标随经济发展呈现抛物线型发展趋势,以 10 万人死亡率指标为被解释变量,以人均 GDP 指标为解释变量,建立计量模型,即:

$$y=a_0+a_1x+a_2x^2+\varepsilon,$$
 (4)

式中: y 表示安全指标值; x 表示人均 GDP; a_0 , a_1 , a_2 表示模型待估参数; ε 为随机误差项。根据公式(4),利用表 1 数据资料,对该模型进行参数估计(表 4),函数模型为:

$$y=4.69+0.001\,0x-4.30\times10^{-8}x^2。$$
 (5)

表 4 人均 GDP 与 10 万人死亡率拟合估计值

安全生产 指 标	参 数 估计值	模型检验		调整的可决 系数 R^2
		t -统计量	F -统计量	
10 万人 死亡率	a_0 4.69	8.23		
	a_1 0.0010	5.67	35.83	0.82
	a_2 -4.30×10^{-8}	-3.68		

(2) 人均 GDP 与亿元 GDP 死亡率

人均 GDP 直观反映了经济发展状况,而亿元 GDP 死亡率则表明了一定经济条件下安全生产的水平,因此用人均 GDP 指标作为解释变量可以直接反映特定经济条件对安全生产水平的影响程度。根据亿元 GDP 死亡率与人均 GDP 相关图,建立幂函数关系模型(式 6)。

$$y=Ax^\alpha,$$
 (6)

其中, x 为人均 GDP; A 、 α 为待估参数。方程两边求对数转化为线性模型形式:

$$\ln y=\ln A+\alpha\ln x,$$
 即 $y'=A'+\alpha x'。$ (7)

采用最小二乘法进行参数估计如表 5 所示。

表 5 人均 GDP 与亿元 GDP 死亡率拟合估计值

安全生产 指 标	参 数 估计值	模型检验		调整的可决 系数 R^2
		t -统计量	F -统计量	
亿元 GDP	A' 7.04	25.16		
死亡率	α -0.77	-23.48	551.54	0.97

其函数模型为:

$$y'=7.04-0.77x',$$

即:

$$y=1\,144.71x^{0.77}。$$
 (8)

通过该模型的统计检验值可以看出,各参数都通过了 t 检验,而方程的 F 统计量很大,调整后的拟合优度达到了 0.97,该方程可以很好的拟合被解释指标的各期值,因此该模型具有更好的解释效果。

1.3 计量模型结果分析

从 t 检验和 F 检验可以看出,在 0.05 和 0.01 显著性水平下以上模型各参数估计量都通过 t 检验,而方程的 F 统计检验也十分显著;调整后的可决系数都超过了 80%,说明方程对被解释变量的解释效果较好。

从安全生产指标的趋势模型可以看出,10 万人死亡率近年来出现较大幅度的上升,说明我国安全生产事故总量未得到有效控制,相对于变动较小的从业人员结构,安全生产形势越来越严重。我国还处于工业化发展的初期阶段并开始向中期阶段过渡,这个时期将对我国安全生产工作提出严峻的考验。亿元 GDP 死亡率指标的趋势模型表明单位 GDP 经济增长的安全经济负担逐年下降,这与我国在发展经济的同时,注重调整产业结构,加强安全生产措施有关。

从人均 GDP 与安全生产指标关联分析模型可见,用人均 GDP 指标拟合安全生产指标的曲线拟合效果较好,调整的可决系数即拟合优度 $R^2>0.8$,对安全生产指标值具有较好的解释意义。从各指标的实际观测值来看,10 万人死亡率处于一个向下开口抛物线的左侧部分,拐点出现在人均 GDP10 000 ~ 15 000 元之间。从统计资料可以看出,2003 年开始出现事故总量下降的“拐点”(下降 1.9%)后,2004 年、2005 年分别下降 0.2% 和

7.1%。而通过对函数模型的理论计算可得拐点值为 22 867 元,可以认为当人均 GDP 达到这一水平以后 10 万人死亡率稳步下降,即安全生产事故总量开始出现逐步下降趋势。从理论计算值与实际指标观测值中可以看出,理论拐点出现时期较目前我国经济发展形势还有一段较长的滞后期,说明当前我国安全生产状况还不稳定,事故总量较大且容易出现反复的现象,特别是煤炭、道路交通、建筑等高危行业中时有发生的重特大事故,更应引起安全生产工作的高度重视^[11]。计量模型模拟结果符合实际情况和理论分析,经历了第四次事故高峰以后,我国加大了安全生产整治措施,颁布实施了一系列安全生产法规,完善安全生产监督管理制度,在控制事故总量方面取得了显著效果,从 2005 年开始安全生产事故总量得到较好控制。但是,在总体形势好转的背景下,仍然不可忽视安全生产事故区域性高发的特征。2006 年各地统计资料显示,工矿商贸 10 万人死亡率指标云南(9.7)、重庆(8.5)、新疆(9.7)、山西(8.6),都远远超过全国平均水平(3.31);亿元 GDP 死亡率指标青海(1.24)、贵州(1.2)、宁夏(1.14)等地区是全国平均水平的一倍以上;这些地区的百万 t 煤死亡率和道路交通万车死亡率指标也明显高出平均水平。同样,东北地区工矿商贸 10 万人死亡率都在 5 以上,道路交通万车死亡率和百万 t 煤死亡率也都超过全国平均水平。

2 结论

(1) 从安全生产指标的时间序列模型可以看出我国安全生产 10 万人死亡率还处于安全生产发展阶段的上升阶段,未来一段时期内安全生产事故总量将会出现一定程度的上升和反复;而随着经济总量的增加,安全的经济负担能力得到较大加强,单位 GDP 增长需要的安全代价明显下降。但是,在经济社会发展过程中要始终坚持以人为本原则,落实安全生产发展战略,特别要注意生产安全事故易发区域从发达地区向欠发达地区转移的趋势。

(2) 从人均 GDP 与 10 万人死亡率的计量关系模型得到,函数模型的拐点出现在人均 GDP 为

22 867 元,约为 3 000 美元。可以看出我国经济社会发展程度距离此点还有一定差距,而且安全生产状况的好转也并非随着收入水平的提高而自动出现,它还受到政策、工业化进程、社会和自然等因素影响。

(3) 人均 GDP 与安全生产指标关系模型从宏观经济发展角度分析其对安全生产水平的影响,通过拟合模型可以在确定经济发展目标基础上,预测安全生产指标可能的发展趋势和达到的程度,为确定安全生产控制指标的合理目标值提供依据。

总之,我国在社会进步与经济发展过程中,要发挥后发优势,充分利用社会主义制度的优越性,借鉴发达国家先进经验,制定科学的经济发展战略,加快产业结构调整,加大安全投入和安全科技发展水平,提高安全生产本质化水平,实施安全生产战略,缩短安全生产事故易发期持续时间,实现安全生产的跨越式发展。

参考文献:

- [1] 黄盛初,胡予红,彭成,等.把握规律发挥后发优势有效缩短事故易发期[J].中国煤炭,2005,31(7):580-584.
- [2] 王秀娥.我国工伤事故产生的原因及综合分析[J].有色矿冶,2001,17(3):48-51.
- [3] 罗云.安全生产与经济社会发展[J].现代职业安全,2004,(12):66-68.
- [4] Parameshwaran S. Iyer, Joel M. Haight, Enrique Del Castillo. Intervention effectiveness research: Understanding and optimizing industrial safety programs using leading indicators [M]. Chemical Health & Safety, March/April 2004: 9-19.
- [5] 秦德智,马彩辉.安全生产中的控制力与创新力[J].统计与决策,2007,(1):109-111.
- [6] 刘振翼,冯长根,彭爱田,等.安全投入与安全水平的关系[J].中国矿业大学学报,2003,32(4):447-450.
- [7] 中华人民共和国统计局.中国统计年鉴-2005[M].北京:中国统计出版社,2005.
- [8] 刘莉君,施式亮.中国安全经济贡献率的计量分析[J].中国安全科学学报,2006,16(1):56-59.
- [9] 中国小康社会安全生产指数研究课题组.安全生产指数的研究及其思考(二)[J].劳动保护,2004,(11):36-39.
- [10] 李子奈,潘文卿.计量经济学[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [11] 成松柏,陈国华.高风险社会及其对策研究[J].灾害学,2007,22(1):18-22.

(下转第 131 页)