

文章编号: 0253 - 9993 (2005) 05 - 0580 - 05

安全生产与经济社会发展多元回归分析

黄盛初^{1,2}, 周心权¹, 张斌川²

(1. 中国矿业大学 (北京) 资源与安全工程学院, 北京 100083; 2. 安全生产信息研究院, 北京 100029)

摘 要: 对世界 40 个国家的统计分析表明, 10 万人死亡率与人均 GDP 呈现较强的相关性。为了研究安全生产与经济社会发展的关系, 选择了其中 27 个样本国家的 10 万人死亡率和 14 个经济社会发展指标, 运用多元回归分析方法, 建立了 10 万人死亡率指标与经济社会指标之间的多元回归模型, 分析影响安全生产状况的经济社会因素。根据回归模型分析, 预测我国安全事故 10 万人死亡率呈缓冲上升趋势, 建议通过对主要经济社会因素进行宏观调控, 包括改变经济增长方式, 提高综合经济实力, 增加科技投入和教育培训投入, 加强安全监管, 实现安全状况的稳定好转。

关键词: 安全生产; 经济社会发展; 多元回归分析

中图分类号: X928 **文献标识码:** A

Multiple regression analysis on occupational safety and economic and social development

HUANG Sheng-chu^{1,2}, ZHOU Xin-quan¹, ZHANG Bin-chuan²

(1. School of Resource and Safety Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China; 2. National Institute for Occupational Safety, Beijing 100029, China)

Abstract: The statistic analysis on 40 countries showed that there is a very strong correlation between the death rate per hundred thousand people at work places and per capita GDP. To probe into this correlation, the death rate per hundred thousand people and 14 indicators of economic and social development were studied in the selected 27 sample countries employing multiple regression analysis, through which a multiple regression model was established to relate the indicator of the death rate per hundred thousand people at work places to economic and social indicators of development, and the economic and social factors with an impact on work safety analyzed. Based on the model analysis, it was suggested that the death rate per hundred thousand people for work accidents in China will follow a slightly upward trend: to improve the work safety situation, it is proposed to readjust macro-economic growth, to increase inputs on research and technology as well as safety education and training, and to enhance safety inspections.

Key words: occupational safety; economic and social development; multiple regression analysis

安全生产状况与一定时期内社会经济发展水平有着密切的关系。在不同的经济社会发展阶段, 安全生产状况呈现不同的特点和发展趋势。本文结合安全生产信息研究院完成的《安全生产与经济社会发展研究》重点课题研究成果, 应用多元统计分析方法, 建立多元函数关系, 采用回归分析法和主因素法等,

收稿日期: 2005 - 05 - 19

作者简介: 黄盛初 (1958 -), 男, 广东汕头人, 研究员, 博士研究生。Tel: 010 - 84612550, E-mail: huangsc@coalinfo.net.cn

对世界不同类型国家在各个经济社会发展阶段的安全生产状况及其变化趋势进行系统分析，研究安全生产与经济社会发展之间的内在规律。以所建立的数学模型将我国当前的安全生产状况放在经济社会宏观经济环境中进行研究，分析主要因素，对安全生产发展趋势进行预测，为国家有关部门研究制定全国安全生产战略目标和应对措施提供重要的理论依据。

1 世界安全生产发展趋势

10万人死亡率是国际上评价工作场所安全状况的最主要指标^[1]，图 1 为 1990 年 40 个国家 10 万人死亡率与人均 GDP 关系散点图，样本以人均 GDP 5 000 美元为界明显分为两个区。人均 GDP 在 5 000 美元以下的国家，10 万人死亡率呈逐渐增加的趋势；而人均国民生产总值在 5 000 美元以上时，10 万人死亡率呈下降趋势。

图 2 为 2000 年 32 个国家 10 万人死亡率与人均 GDP 散点图。样本分布以人均 GDP 10 000 美元为界，当人均 GDP 从较低水平向 10 000 美元增长时，10 万人死亡率呈逐渐增加的趋势；而当人均 GDP 超过 10 000 美元以后，10 万人死亡率呈明显下降趋势^[2]。

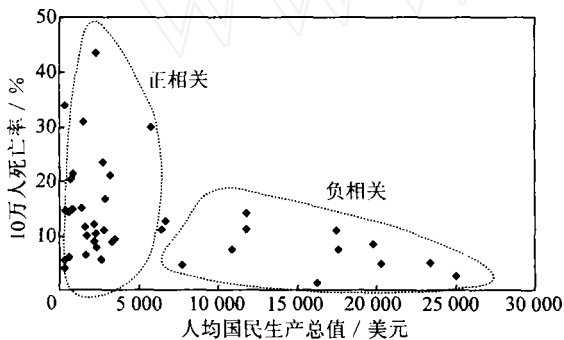


图 1 1990 年 40 个国家职业事故 10 万人死亡率
与人均 GDP 的关系

Fig. 1 Correlation between death rate per 100 000 people
at work places and per capita GDP in 1990

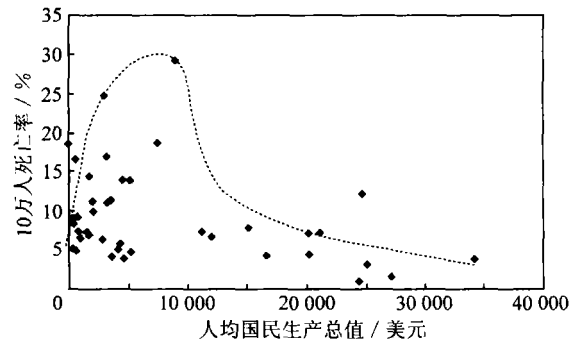


图 2 2000 年 32 个国家 10 万人死亡率
与人均 GDP 的关系

Fig. 2 Correlation between death rate per 100 000 people
at work places and per capita GDP in 2000

对比图 1、2 可以看出：1990 年 10 万人死亡率高于 30 人的国家有 4 个。而 2000 年，10 万人死亡率最高的不到 30 人。说明全社会整体安全状况在不断好转。世界上所有国家的安全生产状况大体可以分为两种形态：一种是 10 万人死亡率与人均 GDP 呈正相关关系；另一种是 10 万人死亡率与人均 GDP 呈负相关，安全生产状况与经济社会发展水平密切相关。

2 安全生产与经济社会发展关系多元回归分析

2.1 经济社会发展指标及样本国家选择

依据国内外社会学家对经济社会发展水平的研究成果^[3]，选择了五大类 18 项反映经济社会发展的指标，初步分析并剔除与安全生产关系不太密切的指标后得到 14 个与安全生产关系较为密切的指标，用于分析不同类型国家在各个经济社会发展阶段安全生产状况与经济社会发展间的内在规律。

(1) 综合发展指标 国内生产总值 X_1 、人均国民生产总值 X_2 。

(2) 社会结构指标 农业产值占 GDP 的比重 (%) X_3 、第三产业产值占 GDP 的比重 (%) X_4 、货物和服务出口占 GDP 的比重 (%) X_5 、城市人口占总人口的比重 (%) X_6 、公共教育经费占 GDP 的比重 (%) X_7 、科研投入占 GDP 的比重 (%) X_{14} 。

(3) 人口素质指标 中学生入学率 (%) X_8 、人口自然增长率 (%) X_9 、婴儿死亡率 (%) X_{10} 。

(4) 生活质量指标 每千人医生数 X_{11} .

(5) 社会稳定指标 失业率 X_{12} , 非农部门就业人数占就业总人数的比重 (%) X_{13} .

按普遍性和便于对比的原则, 参考世界银行 1990年根据阿特拉斯方法^[4]对世界 200多个国家进行分析和分类的方法, 选择了 27个不同经济社会发展水平的国家作为研究样本国家, 其中低收入国家 2个, 中中等收入国家 8个, 中上等收入国家 7个, 高收入国家 10个. 所有数据主要来自于中国统计出版社每年出版的《国际统计年鉴》^[5]和其他权威组织发表的统计数据^[6].

2.2 世界安全生产状况与经济社会指标回归分析

逐步回归分析法可以自动从众多变量中选择重要的变量, 并建立回归方程, 是多元回归分析法中能够得到“最优”方程的一种方法. 所谓“最优”方程, 就是包含所有对因变量 Y 影响比较显著的变量而不包含对因变量 Y 影响不显著的变量的回归方程. 逐步回归分析法是按各变量对 Y 作用的显著程度大小来决定是否引入或剔除. 用以衡量各自变量对 Y 作用大小的量是它们对 Y 的“贡献”, 即偏回归平方和的大小而定^[7].

通过对 27个样本国家 1990年和 2000年的经济社会发展指标和安全生产指标进行回归分析, 发现不同时期影响安全生产的主要因素及其不同的影响程度.

(1) 1990年安全生产与经济社会发展关系回归方程 通过对 1990年 27个国家 10万人死亡率与各国的 14个经济社会指标 (X_1, X_2, \dots, X_{14}) 进行逐步回归分析, 得回归方程为

$$Y = 6.883 - 0.343 X_2 - 0.974 X_3 + 1.221 X_6 + 0.395 X_7 + 0.464 X_8 + 0.301 X_{11} - 2.789 X_{13}.$$

方程通过了用以侦察序列相关的最著名的检验——德宾-沃森 d 检验 (简称 D.W 检验)、 F 检验, 所有偏回归系数全部通过了 t 检验, 回归方程的决定系数 $R^2 = 0.6244$, 说明解释效果较好 (表 1).

表 1 1990年回归系数检验

Table 1 Regression coefficient check of 1990 model

项 目	影响显著的自变量指标	偏相关系数	t 检验值	显著水平	标准偏回归系数
$r(y, X_2)$	人均国民生产总值	-0.355 72	1.659 08	0.112 70	-0.343
$r(y, X_3)$	农业产值占 GDP 比重	-0.585 16	3.145 39	0.005 09	-0.974
$r(y, X_6)$	城市人口比重	0.612 43	3.376 92	0.003 00	1.221
$r(y, X_7)$	公共教育经费占 GDP 比重	0.433 02	2.093 96	0.049 21	0.395
$r(y, X_8)$	中学生入学率	0.395 48	1.876 87	0.075 20	0.464
$r(y, X_{11})$	每千人医生数	0.305 95	1.400 76	0.176 61	0.301
$r(y, X_{13})$	非农部门就业人数比重	-0.727 56	4.622 70	0.000 16	-2.789

注: $F=4.513$, 决定系数 $R^2=0.6244$, $d(D.W)=2.336$

(2) 2000年安全生产与经济社会发展水平关系回归方程 通过对样本国家 2000年 10万人死亡率与经济社会发展水平指标进行逐步回归分析计算, 得回归方程

$$Y = 13.604 - 0.633X_2 - 0.329 X_3 + 0.267 X_4 + 0.303 X_6 - 0.102 X_8 - 0.447 X_{12} - 0.271 X_{13} + 3.844 X_{14}.$$

回归方程通过了 D.W 和 F 检验, 所有的偏回归系数全部通过了 t 检验, 回归方程的决定系数 $R^2 = 0.5917$, 说明解释效果很好 (表 2).

(3) 1990年和 2000年回归分析结果的对比分析 上述回归方程证实, 安全生产状况和经济社会发展之间存在着相当密切的相关关系, 能够建立起较精确的关系式. 通过对比分析, 可以看出世界安全生产形势好转的主要影响因素有: 总体经济实力的增强是导致安全生产好转的根本原因. 1990年的人均国民生产总值与安全生产的相关系数为 -0.343, 2000年为 -0.633, 均呈负相关关系, 但相关性有所增强. 其影响力从 1990年第 5位上升到 2000年的第 2位. 科技进步对安全生产的促进作用明显. 2000年科研投入占 GDP 的比重影响作用排第 4位, 而 1990年, 该指标没有入选主要因素. 产业结构升级以及就

业结构和就业水平的优化对安全生产好转起到推动作用。特别是第三产业产值占 GDP 的比重 (X_4) 入选 2000 年主要指标,同时农业产值占 GDP 比重 (X_3) 的地位的下降反映这一变化。基础教育水平上升

表 2 2000 年回归系数检验

Table 2 Regression coefficient check of 2000 model

项目	影响显著的自变量指标	偏相关系数	t 检验值	显著水平	标准偏回归系数
$r(y, X_{14})$	科研投入占 GDP 比重	0.446 64	2.117 94	0.047 59	3.844
$r(y, X_2)$	人均国民生产总值	-0.587 91	3.083 45	0.006 12	-0.633
$r(y, X_{12})$	失业率	-0.356 38	1.618 26	0.122 09	-0.447
$r(y, X_3)$	农业产值占 GDP 比重	-0.356 10	1.616 81	0.122 40	-0.329
$r(y, X_6)$	城市人口比重	0.615 92	3.316 96	0.003 62	0.303
$r(y, X_{13})$	非农部门就业人数比重	-0.463 70	2.220 49	0.038 74	-0.271
$r(y, X_4)$	第三产业产值占 GDP 比重	0.434 98	2.049 50	0.054 48	0.267
$r(y, X_8)$	中学生入学率	-0.435 18	2.050 67	0.054 35	-0.102

注: $F = 3.260 5$, 决定系数 $R^2 = 0.591 7$, $d(D.W) = 1.835 4$.

到一定水平后,对安全的促进作用开始显现。1990 年,公共教育经费占 GDP 的比重及中学生入学率与 10 万人死亡率呈正相关关系,可以理解为工业化过程所经历的一个阶段;而到 2000 年,中学生入学率与 10 万人死亡率的关系呈负相关关系。

2.3 我国安全生产与经济社会发展回归分析

通过对中国历年的经济社会发展指标和安全生产指标^[8,9]进行回归分析,可以发现影响我国安全生产的主要因素及其不同的影响程度。

(1) 我国安全生产状况与经济社会发展关系方程 应用多元回归分析法对我国事故死亡人数与经济社会发展关系进行回归分析,得到安全生产状况与经济社会发展关系方程为

$$Y = 6.014 5 + 0.921 8X_2 - 1.062 5X_3 + 0.382 5X_5 - 1.980 5X_6 - 0.417 9X_{14} - 0.168 2X_7 + 0.486 6X_{13}.$$

回归方程通过了 F 和 $D.W$ 检验,偏回归系数通过了 t 检验,方程的决定系数 $R^2 = 0.827 71$,说明解释效率很高。

路径分析结果表明:对我国事故死亡人数直接影响最大的是城市人口比重 (X_6),占直接影响力的 36.54%,其次是农业占 GDP 的比重 (X_3),占直接影响力的 19.60%,人均 GDP (X_2) 排在第 3 位,占直接影响力的 17.01%,其它因素的直接影响力都在 10% 以下。对我国事故死亡人数间接影响最大的是城市人口比重 (X_6),占间接影响力的 65.71%,其次是人均 GDP (X_2),占间接影响力的 13.70%,农业占 GDP 的比重 (X_3) 排在第 3 位,占间接影响力的 10.11%;其他因素的间接影响力在 10% 以下。对我国事故死亡人数总影响力最大的是农业占 GDP 的比重 (X_3),占总影响力的 24.89%;其次为非农业人口就业比例 (X_{13}),占总影响力的 20.29%,人均 GDP (X_2) 排在第 3 位,占总影响力的 15.14%。由此可以看出我国目前仍处在工业化初期阶段,产业结构对我国安全生产状况有较大影响。

(2) 我国事故死亡人数预测 依据对我国事故死亡人数的历史变化规律的研究分析,并对回归分析预测、灰色理论、趋势分析预测和差分自回归滑动平均法预测的结果进行对比,确定选用差分自回归滑动平均法^[6]对我国历年事故死亡人数进行模拟预测,得到 ARMA (1, 1, 1) 模型,见表 3。应用我国 1953 ~ 2001 年的事故死亡人数^[10],对 2002 ~ 2011 年的情况进行预测,所得结果如图 3 所示。可以看出,从 1953 ~ 2011 年的事故死亡人数模拟结果具有很好的拟合度和较好的预测精度。从预测结果看,未来 10 a,我国事故死亡人数

表 3 ARMA (1, 1, 1) 模型

Table 3 ARMA (1, 1, 1) model

Z (T+L)	标准误差	T
0.003 48	0.536 43	0.406 48
0.156 182 0 Z (T+L - 1)	0.871 34	0.379 24
-0.188 498 5e (T+L - 1)	0.869 00	-0.816 91

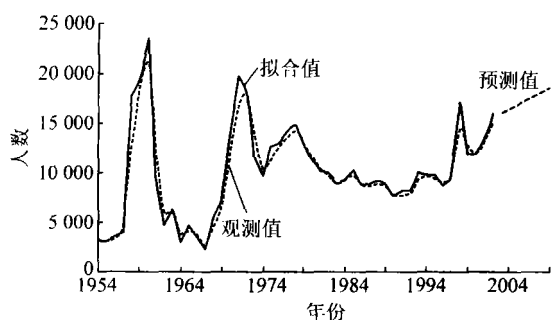


图 3 我国安全生产事故死亡人数历史分析与未来趋势预测

Fig. 3 Historical occupational fatalities development and trend prediction for future in China

还将呈现缓慢上升趋势，但是幅度并不大。

3 结 论

(1) 对比分析 1990年和 2000年 27个样本国家 10万人死亡率与人均 GDP之间的关系，可以发现，世界整体安全生产状况正随着经济社会的发展不断好转。虽然我国目前正处于工业化初期，根据回归分析模型预测，事故死亡人数处于上升阶段，但在世界经济发展和科技进步的大环境中，同时通过对经济社会主要因素进行宏观控制，能够控制事故死亡人数上升幅度和缩短上升期，从而实现安全状况的稳定好转。

(2) 通过对世界各国安全生产状况与经济社会发展指标的多元回归分析可以看出，世界安全生产状况的好转与经济实力（人均 GDP）有很强的关系，同时科技进步、产业结构优化和公共教育均对安全生产有明显的促进作用。

(3) 通过对我国安全生产与社会经济发展指标的回归分析可以得出，当前制约我国安全生产最明显的因素是产业结构、就业结构、经济发展水平和科技教育等。

(4) 从世界 27个样本国家以及制约我国安全生产的主因素分析中可以看出安全生产与经济社会发展之间的内在规律，通过对主要经济社会因素进行宏观调控，将有利于安全状况的稳定好转，实现安全生产与经济社会和谐发展。

参考文献：

- [1] 王显政, 黄盛初, 姜汉信, 等. 美国煤矿安全监察体系 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2001.
- [2] 黄盛初. 安全生产阶段理论和我国安全生产发展趋势 [A]. 安全生产理论初探 [C]. 北京: 人民日报出版社, 2004.
- [3] 朱庆芳, 吴寒光. 社会指标体系 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2001.
- [4] Http: // www.worldbank.org
- [5] 国家统计局. 《国际统计年鉴 1995》- 《国际统计年鉴 2002》[M]. 北京: 中国统计出版社, 1995~2002
- [6] 国际劳工局 (日内瓦). 《Year of labor Statistics 1998》- 《Year of labor Statistics 2002》.
- [7] 于秀林, 任雪松. 多元统计分析 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1999.
- [8] 国家统计局. 中国统计年鉴 2002 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2002
- [9] 中国经济年鉴编辑委员会. 中国经济年鉴 [M]. 北京: 经济管理出版社, 2003.
- [10] 范维唐, 钟群鹏, 闪淳昌. 我国安全生产形势、差距和对策 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003.