

# 工伤保险系统人口行业结构变动研究

王立剑

(西安交通大学人文社会科学学院, 陕西 西安 710049)

**摘要:** 本文以工伤风险为依据将总人口划分为高、中、低风险行业人口, 运用微元分析法建立工伤保险系统人口行业结构变动测算模型, 并通过 2003~2007 年的经验数据对模型进行检验, 证明模型的有效性; 以西安市为例的实证研究表明, 2008~2020 年西安市高风险行业人口数持续下降, 中风险行业人口数保持稳定, 低风险行业人口数以年均 5.9% 的速度快速增长。

**关键词:** 工伤保险系统; 人口行业结构; 微元分析法

中图分类号: F840.61 文献标识码: A 文章编号: 1000-4149(2010)03-0057-06

## Population Change of Industry Structure in the Injury Insurance System

WANG Li-jian

(School of Humanities and Social Sciences, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** Based on industrial injury risks, this paper classifies the whole population into three types, namely, population of high-risk industry, population of medium-risk industry and population of low-risk industry. Then this paper builds a measuring model of the population change of industry structure in injury insurance system with the application of infinitesimal analysis, and verifies these models by using experience data of 2003~2007 in Xi'an. The empirical study taken example of Xi'an shows that population of high-risk industry will be decreasing from 2008 to 2020, population of middle-risk industry will maintain stable, population of low-risk industry will increase at a rate of 5.9%.

**Keywords:** injury insurance system; population in industry structure; infinitesimal analysis

人口行业结构是指就业人口在各种行业中分布的规模和比例关系<sup>[1]</sup>。20世纪70年代以来, 由于技术进步、产业调整等因素的影响, 我国人口行业结构发生了较大的变动。1978~2007年, 农、林、牧、渔业, 采掘业, 地质勘察业、水利管理业, 卫生、体育和社会福利业, 教育、文化艺术和广播电影电视业等行业就业人口占总就业人口的比例逐渐下降, 由合计 77.52% 下降到 64.99%; 电力、煤气及水的生产和供应业, 建筑业, 交通运输、仓储及邮电通信业, 批发和零售贸易、餐饮业, 金融、保险业, 房地产业, 社会服务业等行业就业人口占总就业人口的比例逐

收稿日期: 2009-03-25; 修订日期: 2010-02-02

基金项目: 国家社会科学基金项目 (07BRK004)。

作者简介: 王立剑 (1983-), 河北邯郸人, 西安交通大学人文社会科学学院博士研究生, 研究方向为社会保障统计与精算。

步上升，由合计 7.81% 上升到 20.05%；而制造业，科学研究和综合技术服务业，国家机关、党政机关和社会团体等行业就业人口比例基本保持稳定<sup>①</sup>。人口行业结构变动引起了与之相关的多个社会、经济变量的变化，尤其是对以人口行业结构变动为外生变量的工伤保险系统产生了较大的影响。

在工伤保险系统中，划分人口行业结构的依据是行业工伤风险。实践证明，高风险行业的就业人口工伤保险支出总额高于中风险行业就业人口工伤保险支出总额，中风险行业的就业人口工伤保险支出总额高于低风险行业就业人口工伤保险支出总额<sup>[2]</sup>。当就业人口跨风险等级行业流动时，就业人口的工伤保险需求发生变化，与其工资总额相对应的工伤保险供给也同时发生变化，从而对工伤保险制度产生积极或消极的影响。为了研究人口行业结构变动对工伤保险系统的影响，必须研究工伤保险系统人口行业结构变动趋势。

随着人口预测的应用领域不断拓展，关于人口行业结构变动测算的方法、模型不断推陈出新，但针对工伤保险系统人口行业结构变动的研究成果较少。巴赫曼（Bahman）等主张通过同类组指标对比的方法对行业的风险等级进行划分<sup>[3]</sup>；罗奈尔得（Ronald）运用精算成本法确定高、中、低风险行业<sup>[4]</sup>；王文、陈文瑛等提出了风险系数测评、模糊风险评估法和聚类分析法<sup>[5-6]</sup>；赵旭生建议高风险的企业应建立相应的风险评价指标体系，综合评价其危险程度，为工伤保险体系的建立提供技术支持<sup>[7]</sup>。由此看来，国内外学者对工伤保险系统人口行业结构变动测算的研究尚不成熟，即使有部分文献对此问题进行了探索，但尚未达到应用层面。

本文通过文献回顾和访谈，确定工伤保险系统人口行业结构的划分方法，定性描述工伤保险系统人口行业结构变动的趋势和相互影响，提出基本假设。运用微元分析法建立工伤保险系统人口行业结构变动的测算模型，并运用西安市经验数据对模型进行检验及应用。

## 一、模型构建

### 1. 工伤保险系统人口行业结构划分标准

制定工伤保险系统行业划分标准的步骤是：第一，将工伤风险行业分类标准中的 90 类子行业按照统计年鉴行业分类标准重新分类，划分为 16 类行业。第二，按照工伤风险行业分类标准，将划分好的 16 类行业进行重新分类，分为高风险行业、中风险行业和低风险行业。分类方法是以 16 类行业中每一类包括的子行业在《工伤保险行业风险分类表》中第三类、第二类、第一类行业中出现的多少划分。如子行业在第三类中出现的最多，则划分为高风险行业。第三，如果 16 类行业中某一类包括的子行业在两种风险等级中数量相等，则将之划分为相对较高等级的风险行业。第四，结合对西安市劳动和社会保障局相关领导的访谈资料及西安市企业职工工伤保险跟踪调查统计资料对前三步进行修正。

按照上述步骤，工伤保险系统行业划分的标准见表 1。

表 1 工伤保险系统行业分类标准表

行业类别	行业名称
高风险行业	采掘业，建筑业，制造业，电力、煤气及水生产和供应业，其他行业
中风险行业	农、林、牧、渔业，地质勘察业，水利管理业，交通运输，仓储及邮电通信业，房地产业
低风险行业	批发和零售贸易、餐饮业，金融、保险业，社会服务业，卫生、体育和社会福利业，教育、文化艺术和广播电影电视业，科学研究和综合技术服务业，国家机关、党政机关和社会团体

### 2. 基本假设

人口行业结构变动是指，现有就业人口在高、中、低风险行业间的流动；高、中、低风险各行业就业人口的减员；高、中、低风险各行业吸纳的新增就业人口。

<sup>①</sup> 根据《中国统计年鉴 2008》中的相关数据计算而得。

设  $L_t$  表示  $t$  年年中就业人口数;  $L_{0,t}$  表示  $t$  年新增就业人口数与退出劳动行业人口数的差值;  $L_{i,t}$  表示  $t$  年年中的  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) 风险行业人口数;  $L_{i0,t}$  表示  $t$  年年中  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) 风险行业的基本人口数<sup>①</sup>。其中, 当  $i = 1$  时, 表示高风险行业; 当  $i = 2$  时, 表示中风险行业; 当  $i = 3$  时, 表示低风险行业。根据人口行业结构变动的趋势做出如下假设:

$$(H_1) : L_t = \sum_{i=1}^3 L_{i,t};$$

( $H_2$ ):  $L_{0,t}$  在  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) 风险行业的分配与  $L_{i,t}$  有关; 由于行业风险的存在, 退出  $i$  行业的人口数与该行业原有的人口数  $L_{i,t}$  有关;

( $H_3$ ):  $L_{1,t}$  与  $L_{2,t}$  之间相互流动, 即  $L_{1,t}$  影响  $L_{2,t}$ ,  $L_{2,t}$  影响  $L_{1,t}$ ;

( $H_4$ ):  $L_{1,t}$  与  $L_{3,t}$  之间相互流动, 即  $L_{1,t}$  影响  $L_{3,t}$ ,  $L_{3,t}$  影响  $L_{1,t}$ ;

( $H_5$ ):  $L_{2,t}$  与  $L_{3,t}$  之间相互流动, 即  $L_{2,t}$  影响  $L_{3,t}$ ,  $L_{3,t}$  影响  $L_{2,t}$ ;

( $H_6$ ): 由于  $L_{0,t}$  存在,  $\frac{dL_t(t)}{dt} > 0$ , 但  $\frac{dL_{i,t}(t)}{dt}$  的符号取决于人口行业结构变动方向。

### 3. 模型推导

根据假设 ( $H_1 \sim H_6$ ), 可得图 1。

根据假设 ( $H_1 \sim H_6$ ) 和图 1, 运用微元分析法建立如下微分方程组:

$$\begin{cases} \frac{dL_1(t)}{dt} = F_1(L_1(t), L_2(t), L_3(t)) \\ \frac{dL_2(t)}{dt} = F_2(L_1(t), L_2(t), L_3(t)) \\ \frac{dL_3(t)}{dt} = F_3(L_1(t), L_2(t), L_3(t)) \end{cases} \quad (1)$$

由于方程组 (1) 不显含  $t$ , 不易求出其解析解, 本文采取一阶泰勒展开将微分方程线性化的方法, 求解方程组 (1)。设  $i$  行业的基本人口数是  $L_{i0}(t)$ , 则:

$$\begin{cases} F_1(L_{10}, L_{20}, L_{30}) = 0 \\ F_2(L_{10}, L_{20}, L_{30}) = 0 \\ F_3(L_{10}, L_{20}, L_{30}) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{令 } l_i(t) = L_i(t) - L_{i0} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (3)$$

则方程组 (1) 变形为

$$\begin{cases} \frac{dl_1(t)}{dt} = F_1(l_1(t) + L_{10}, l_2(t) + L_{20}, l_3(t) + L_{30}) \\ \frac{dl_2(t)}{dt} = F_2(l_1(t) + L_{10}, l_2(t) + L_{20}, l_3(t) + L_{30}) \\ \frac{dl_3(t)}{dt} = F_3(l_1(t) + L_{10}, l_2(t) + L_{20}, l_3(t) + L_{30}) \end{cases} \quad (4)$$

方程组 (4) 在  $(L_{10}, L_{20}, L_{30})$  点将方程的右边泰勒展开, 则

$$F_j(l_1(t) + L_{10}, l_2(t) + L_{20}, l_3(t) + L_{30}) = \sum_{k=1}^3 \frac{\partial F_j}{\partial l_k} l_k(t) + e_j \quad (j = 1, 2, 3)$$

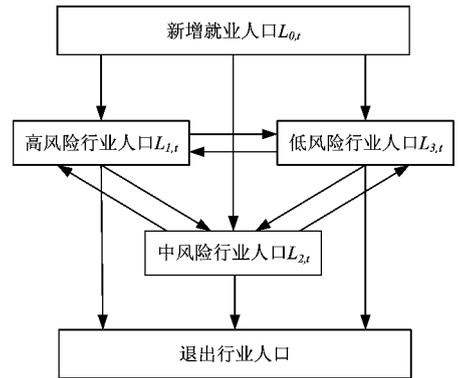


图 1 工伤保险系统人口行业结构变动趋势图

① 基本人口数是指在现有的劳动力结构、劳动力供给和行业就业能力容纳约束下, 满足行业正常生产需要和国家控制失业率要求的行业人口数的最低值。

$e_1, e_2, e_3$  为  $\sqrt{l_1^2(t) + l_2^2(t) + l_3^2(t)}$  的高阶无穷小量。

因此, 当  $L_1(t), L_2(t), L_3(t)$  偏离  $L_{10}, L_{20}, L_{30}$  不大时, 方程组 (4) 可以转化为:

$$\begin{cases} \frac{dl_1(t)}{dt} = a_{11}l_1(t) + a_{12}l_2(t) + a_{13}l_3(t) \\ \frac{dl_2(t)}{dt} = a_{21}l_1(t) + a_{22}l_2(t) + a_{23}l_3(t) \\ \frac{dl_3(t)}{dt} = a_{31}l_1(t) + a_{32}l_2(t) + a_{33}l_3(t) \end{cases} \quad (5)$$

其中  $a_{1j} = \frac{\partial F_1(L_{10}, L_{20}, L_{30})}{\partial L_j(t)}$ ;  $a_{2j} = \frac{\partial F_2(L_{10}, L_{20}, L_{30})}{\partial L_j(t)}$ ;  $a_{3j} = \frac{\partial F_3(L_{10}, L_{20}, L_{30})}{\partial L_j(t)}$ 。

方程组 (5) 的特征方程为:

$$\begin{vmatrix} \lambda - a_{11} & -a_{12} & -a_{13} \\ -a_{21} & \lambda - a_{22} & -a_{23} \\ -a_{31} & -a_{32} & \lambda - a_{33} \end{vmatrix} = 0 \quad (6)$$

设方程 (6) 的三个根为  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ , 那么方程组 (5) 的解为:

$$\begin{cases} l_1(t) = c_{11}e^{\lambda_1 t} + c_{12}e^{\lambda_2 t} + c_{13}e^{\lambda_3 t} \\ l_2(t) = c_{21}e^{\lambda_1 t} + c_{22}e^{\lambda_2 t} + c_{23}e^{\lambda_3 t} \\ l_3(t) = c_{31}e^{\lambda_1 t} + c_{32}e^{\lambda_2 t} + c_{33}e^{\lambda_3 t} \end{cases} \quad (7)$$

$c_{ij} (i, j = 1, 2, 3)$  是待确定的常数, 从而

$$L_i(t) = L_{i0}(t) + c_{i1}e^{\lambda_1 t} + c_{i2}e^{\lambda_2 t} + c_{i3}e^{\lambda_3 t} \quad (8)$$

公式 (8) 中的  $L_{i0}, c_{ij} (i, j = 1, 2, 3), \lambda_i (i = 1, 2, 3)$  都是未知数。对于  $L_{i0}$ , 本研究认为, 根据中国人口行业结构的实际应取经验数据的起始年份的统计数据, 我国高、中、低风险行业的人口规模不断增长, 而且这种增长趋势会伴随着每年 1000 多万的新增就业人口而至少持续到 2030 年<sup>[8]</sup>。对于  $c_{ij}$  和  $\lambda_i$ , 采用非线性最小二乘法进行参数估计。

## 二、模型检验

根据 1981 ~ 2003 年的《西安统计年鉴》中的分行业从业人数统计数据, 可得 1980 ~ 2002 年高、中、低风险行业人口数, 根据公式 (8), 运用 Matlab6.5 中的非线性参数估计法, 通过逐年参数估计, 可得 2003 ~ 2007 年西安市高、中、低风险行业人口数。预测数据与实际数据的对比, 发现: 高风险行业人口的测算值与实际值略有偏差, 但随着时间的迁移两者逐步接近; 中风险行业人口的测算值与实际值之间略有偏差, 但总体发展趋势相同; 低风险行业人口的测算值与实际值之间非常接近。

为了进一步说明测算结果的精确程度, 计算西安市高、中、低风险行业人口的测算值和实际值的相对误差。经计算, 高、中、低风险行业人口测算值与实际值的相对误差分别为 0.09538、0.05823、0.02714, 均小于 0.1, 符合社会科学数学建模的要求<sup>[9]</sup>。因此公式 (8) 可以用来预测西安市未来人口行业结构的变动趋势。

## 三、模型应用

### 1. 计算结果

本研究将目标区间选定为 2008 ~ 2020 年, 即预测结果跨越“十二五”和“十三五”时期, 为现实相关政策的制定提供理论依据。根据 1991 ~ 2008 年的《西安统计年鉴》中的分行业从业

人数统计,可得1990~2007年高、中、低风险行业人口数,以此为基础,根据公式(8)可得2008~2020年的西安市工伤保险系统人口行业结构变动情况。

通过1990~2007年的人口数据,运用非线性最小二乘法对公式(8)中的参数进行逐年估计,据此预测2008~2020年各行业人口数。设1990年, $t = 1$ ;1991年, $t = 2$ ,其余年份以此类推。基准人口数选择1990~2007年的最低值。根据参数估计结果和公式(8)计算得到2008~2020年西安市高、中、低风险行业人口数,具体数据见表2。

## 2. 结果分析

西安市人口行业结构变动的趋势可以由图2直观的反映。

(1) 高、中、低行业人口规模的变动趋势。由表2和图2可知,西安市就业人口总量呈逐年上升趋势,由2008年的437.500万人,逐步上升到2020年的573.286万人,年均增长率为2.3%。这表明在未来的12年内,西安市的新增就业容量有135.786万人,且主要来自于低风险行业。

西安市高风险行业人口数在2008~2020年略有下降,从2008年的116.303万人下降到

2020年的110.635万人。这一方面说明了西安市高风险行业的稳定发展和劳动力需求的略微下降,也表明了西安市在行业结构调整的整体趋势,即逐步控制高风险行业就业岗位的数量。

中风险行业人口数量在2008~2020年之间较为稳定,从2008年的176.656万人增长到2013年的177.190万人,之后略微下降,到2020年为176.532万人。西安市中风险行业就业岗位的稳定性体现了市政府对待中风险行业采取的中立态度,即不增加也不可以减少中风险行业的就业岗位,而是在满足现实需求的前提下,把政府态度从扶持变为支持。

西安市低风险行业人口数量在2008~2020年之间急剧上升。从2008年的144.541万人增长至2020年的286.119万人,且年增长率在逐渐变大,2008~2009年增长率为5.5%,到2019~2020年增长率为6.2%,比上阶段提高了0.7个百分点。2008~2020年西安市年均5.9%的低风险行业就业人数增长率表明了西安市行业结构调整的政策方向,即以增加低风险行业的就业岗位为主要行业结构调整方向,如增加金融业,信息传输、计算机服务和软件业,住宿和餐饮业、教育等行业的就业岗位,扶持高新技术产业等第三产业的发展。

低风险行业的人口数量在2012年将超过中风险行业,容纳的就业人口最多,且与中风险行业、高风险行业的人口数量差距逐年增大。低风险行业与中风险行业相比,两者从2012年相差

表2 2008~2020年西安市不同风险行业人口数 万人

年份	高风险行业	中风险行业	低风险行业	合计
2008	116.303	176.656	144.541	437.500
2009	115.502	176.851	152.525	444.878
2010	114.778	176.998	161.025	452.801
2011	114.125	177.102	170.086	461.313
2012	113.538	177.165	179.759	470.462
2013	113.012	177.190	190.095	480.297
2014	112.541	177.181	201.149	490.871
2015	112.122	177.139	212.979	502.240
2016	111.749	177.068	225.649	514.466
2017	111.418	176.970	239.224	527.612
2018	111.124	176.846	253.775	541.745
2019	110.864	176.700	269.380	556.944
2020	110.635	176.532	286.119	573.286

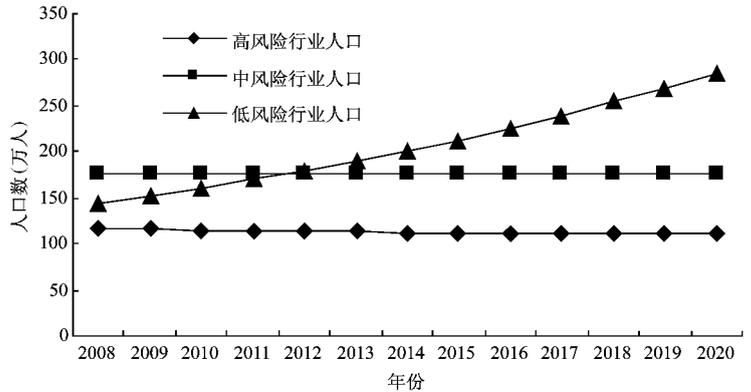


图2 2008~2020年西安市不同风险行业人口数统计图

2.594 万人，增长到 2020 年相差 109.587 万人；低风险行业与高风险行业相比，两者从 2008 年相差 28.238 万人，增长到 2020 年相差 175.484 万人。这说明，就相对就业人口数量而言，低风险行业将逐渐占据优势。

从西安市劳动和社会保障局的访谈结果可知，每年新增的就业人口将以与高、中、低风险行业人口比例大体相同的比例分配到高、中、低风险行业中去，但是，中风险行业和高风险行业人口数总和在 2008 ~ 2020 年却减少了 5.792 万人，且主要减少的是高风险行业的就业人口数，达到 5.668 万人，这说明，西安市人口行业流动的主要趋势是从高风险行业向中、低风险行业流动和从中风险行业向低风险行业流动，同时也伴随着少量的逆向流动。

(2) 高、中、低行业人口比例的变动趋势。西安市高、中、低风险行业人口数占就业人口总数比例的变动趋势可以由图 3 直观的进行表示。

由图 3 可知，西安市将从 2008 ~ 2011 年的“中风险行业人口比例 > 低风险行业人口比例 > 高风险行业人口比例”，转变为 2012 ~ 2020 年的“低风险行业人口比例 > 中风险行业人口比例 > 高风险行业人口比例”。其中，高风险行业人口比例将从 2008 年的 26.58% 下降到 2020 年的 19.30%，年均下降速度为 2.6%；中风险行业人口比例将从 2008 年的 40.38% 下降到 2020 年的 30.79%，年均下降速度为 2.2%；而低风险行业人口所占比例则一直呈上升趋势，且在 2012 年超过中风险行业人口比例，低风险行业人口比例在 2008 ~ 2020 年间由 33.04% 增长到 49.91%，约占总人口数的一半。

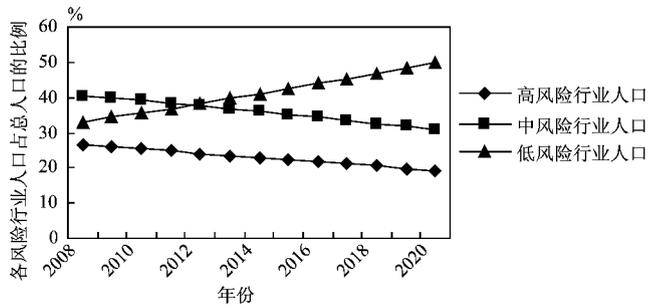


图 3 2008 ~ 2020 年西安市不同风险行业人口比例 (%)

参考文献：

[ 1 ] 蒋正华. 人口分析与规划 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1984.  
 [ 2 ] 周慧文. 工伤保险风险分类及风险分类表研究 [J]. 中国安全科学学报, 2005, 15 (7) .  
 [ 3 ] Bahman Sayyar Roudsari, Mohammad Ghodsi. Occupational injuries in Tehran [J]. Int. J. Care Injured, 2005, (36) .  
 [ 4 ] Ronald M. Wrona. The use of state workers' compensation administrative data to identify injury scenarios and quantify costs of work-related traumatic brain injuries [J]. Journal of Safety Research, 2006, (37) .  
 [ 5 ] 王文. 工伤保险实行差别费率和费率浮动的设想 [J]. 中国劳动, 2003, (2) .  
 [ 6 ] 陈文瑛, 汪莉. 工伤保险行业差别费率确定方法探讨 [J]. 安全与环境学报, 2005, 5 (3) .  
 [ 7 ] 赵旭生. 基于保险目的的矿井突出危险程度评价方法探讨 [J]. 矿业安全与环保, 2005, (12) .  
 [ 8 ] Bahman Sayyar Roudsari, Mohammad Ghodsi. Occupational injuries in Tehran [J]. Int. J. Care Injured, 2005, (36) .  
 [ 9 ] 杨桂元, 王军. 对预测模型误差的分析 [J]. 统计与信息论坛, 2003, (4) .

[责任编辑 齐明珠]