

# 中国2015—2030年致死性道路交通伤害负担发展趋势预测

谭爱春 田丹平 黄渊秀 高林 邓欣 李黎 何琼 陈田木 胡国清 吴静

**【摘要】** 目的 预测2015—2030年中国致死性道路交通伤害负担的发展趋势。方法 通过查询联合国人口司、美国农业部、世界卫生组织和中国能源基金会等机构研究,获取2015—2030年中国人均国内生产总值、城市化水平、机动化水平及教育水平预测值。将该预测值代入已构建的双对数模型,预测2015—2030年中国年致死性道路交通伤害负担的预测值。结果 2015—2030年中国道路交通伤害死亡率总体呈缓慢下降趋势,2015、2020、2025、2030年依次为13.7/10万、13.4/10万、12.8/10万、11.8/10万;因道路交通伤害死亡人数同样呈下降趋势,分别为190 565、189 358、183 051、169 033人,所致寿命损失年同样呈逐渐下降趋势,分别为691.8、663.4、618.9、551.3万年,但其中≥55岁年龄组寿命损失年呈不断上升的趋势。敏感性分析显示,预测结果较稳定。结论 2015—2030年中国道路交通伤害死亡率、死亡人数及所致寿命损失年呈逐渐下降趋势;但≥55岁年龄组因道路交通伤害死亡人数和寿命损失年却呈不断上升趋势。

**【关键词】** 道路交通伤害; 负担; 预测

## Forecast the trend of burden from fatal road traffic injuries between 2015 and 2030 in China

Tan Aichun<sup>1</sup>, Tian Danping<sup>1</sup>, Huang Yuanxiu<sup>1</sup>, Gao Lin<sup>1</sup>, Deng Xin<sup>1</sup>, Li Li<sup>1</sup>, He Qiong<sup>1</sup>, Chen Tianmu<sup>1</sup>, Hu Guoqing<sup>1</sup>, Wu Jing<sup>2</sup>. 1 Department of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, Central South University, Changsha 410078, China; 2 Division of NCD Control and Community Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention

Corresponding author: Wu Jing, Email: wujingcdc@163.com

This work was supported by a grant from the Teacher Foundation of Central South University (No. 2013JSJJ033).

**【Abstract】** **Objective** To predict the burden caused by fatal road traffic injuries from 2015 to 2030. **Methods** We searched the websites of United Nations Population Division, United States Department of Agriculture, World Health Organization, China Energy Research Foundation and other agencies to obtain the predictive values of gross domestic product (GDP) per capita, urbanization, motorization and education from 2015 to 2030 in China. Predicted values were then applied to log-linear models to estimate the numbers and years of life lost due to road traffic injuries from 2015 to 2030. **Results** The mortality rate caused by road traffic injury decreased slightly, from 13.7/100 000 in 2015 to 11.8/100 000 in 2030. 191, 189, 183, 169 thousand persons were estimated to die from road traffic crashes in 2015, 2020, 2025 and 2030, respectively, showing a declining trend. Years of Life Lost (YLLs) caused by road traffic deaths were predicted to be 6 918, 6 634, 6 189, 5 513 thousand years in 2015, 2020, 2025 and 2030, respectively, also showing a gradual downward trend. But the YLLs displayed an increase among people at 55 years of age or older, between 2015 and 2030. Results from the sensitivity analysis showed a stable forecasting result. **Conclusion** Mortality, number of deaths and YLLs from road traffic crashes were predicted to decrease slightly, between 2015 and 2030 but the number of deaths and YLLs due to road traffic injuries will continue to increase from 2015 to 2030.

**【Key words】** Road traffic injury; Burden; Forecasting

1951—2008年我国道路交通事故次数、非致死

性人数和死亡人数分别增长了86倍、92倍和125倍<sup>[1]</sup>。尽管公安部交管局数据表明,自2002年以来我国道路交通伤害呈逐年下降趋势<sup>[2]</sup>,但有研究显示该报告数据严重低估了实际情况,不能真实反映我国道路交通伤害的现状<sup>[3]</sup>。人口老龄化、城市化和机动车化可影响道路交通伤害的发生<sup>[4-6]</sup>。伴随

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.05.017

基金项目:中南大学教师基金项目(2013JSJJ033)

作者单位:410078 长沙,中南大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系(谭爱春、田丹平、黄渊秀、高林、邓欣、李黎、何琼、陈田木、胡国清);中国疾病预防控制中心慢病社区处(吴静)

通信作者:吴静, Email: wujingcdc@163.com

我国社会经济的快速发展,到2020年≥60岁人口所占比例将上升至17%<sup>[7]</sup>,城镇人口所占比例预计将达到61%<sup>[8]</sup>,到2030年我国个人拥有汽车数量预计将达到3.64亿辆<sup>[9]</sup>。因此有必要在加速人口老龄化、居住城市化和出行机动车化形势下预测我国未来道路交通伤害的发展趋势。为此本研究借助已建立的针对致死性道路交通伤害负担预测模型,预测我国2015—2030年致死性道路交通伤害负担的发展趋势,为应对我国未来道路交通伤害的挑战提供决策参考。

### 资料与方法

1. 自变量预测数据:查询联合国秘书处经济和社会事务部人口司网站发布的《世界人口预测—2010版》<sup>[10]</sup>和《世界城市化预测—2011版》<sup>[8]</sup>获取2015—2030年中国人口总数、各年龄段人口数及城市人口预测数;从美国农业部网站获取2015—2030年中国人均GDP预测值<sup>[11]</sup>;利用函数关系式( $r = -0.006 + 0.00137E + 0.00476\ln G - 0.00053 \times E \times \ln G$ ,式中 $r$ 为教育水平年增长率, $G$ 为人均GDP, $E$ 为当前教育水平;决定系数 $R^2 = 43\%$ )预测2015—2030年中国教育水平(>15岁人群平均受教育年限)<sup>[12]</sup>;采用美国阿贡国家实验室能源系统部和中国能源基金会2007年基于现有机动车保有量、经济水平和机动车水平饱和度的Gompertz模型对2010—2050年我国机动车数量的预测值<sup>[13]</sup>。

2. 预测方法:已有研究构建了不同性别(男/女)、不同年龄组人群道路交通伤害统计模型,模型拟合结果见表1。其中结局变量为道路交通伤害死亡率( $Mt$ ,/10万)对数值,自变量包括城市化水平( $U$ )、 $E$ 、机动化水平( $M$ )的对数值及 $G$ 对数值的平方。

将自变量预测值转化为对数值,代入不同性别各年龄段道路交通伤害死亡率预测模型,预测各亚组的道路交通伤害死亡率;然后根据不同性别各年龄组道路交通伤害死亡率、2015—2030年中国人口数和期望寿命(源自WHO相关研究<sup>[14]</sup>,各年龄段平均期望寿命以中位数年龄的期望寿命代替,≥65岁组按其2011年各组别人口数分配权重进行合并)计算我国各年度致死性道路交通伤害所致寿命损失年(YLL):

$$YLL = Mt_{a,k} \times P_{a,k} \times L_{a,i}$$

式中 $Mt_{a,k}$ 表示道路交通伤害死亡率; $P_{a,k}$ 表示人口数; $L_{a,i}$ 表示期望寿命; $a$ 、 $k$ 、 $i$ 分别表示性别、年龄组/段中位数。

表1 我国道路交通伤害死亡率对数线性模型自变量系数

性别 (a)	年龄组 (k)	常数项	lnG	lnE	lnM	lnU	(lnG) <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (%)
男	0~	-2.730	1.402	-0.414	0.161	0.194	-0.087	22.7
	5~	-2.911	1.561	-0.533	0.164	0.160	-0.096	31.1
	15~	-0.365	1.388	-0.793	0.211	0.353	-0.088	51.8
	25~	-1.433	1.693	-0.762	0.188	0.211	-0.106	52.3
	35~	0.778	1.219	-0.726	0.178	0.337	-0.079	44.9
	45~	-2.685	1.843	-0.675	0.096	0.226	-0.114	41.8
	55~	-3.385	2.007	-0.672	0.075	0.226	-0.123	40.1
	≥65	-2.594	1.781	-0.507	0.053	0.272	-0.109	25.5
女	0~	-2.020	0.964	-0.423	0.186	0.329	-0.059	22.9
	5~	-2.712	1.245	-0.502	0.200	0.218	-0.077	32.6
	15~	0.455	0.939	-0.809	0.263	0.410	-0.060	51.1
	25~	-0.385	1.193	-0.783	0.229	0.334	-0.075	49.3
	35~	1.673	0.773	-0.764	0.241	0.377	-0.052	41.3
	45~	-1.337	1.254	-0.690	0.122	0.327	-0.078	35.9
	55~	-1.645	1.266	-0.574	0.070	0.324	-0.079	30.7
	≥65	-4.269	1.687	-0.312	-0.066	0.290	-0.101	20.1

本研究按文献[15]通过计算2015—2030年各自变量年增长率的的标准差,分别模拟各自变量年增长率同时增减1/4个标准差的情况下全人群死亡率(/10万)、死亡人数(1000人)和寿命损失年(万年)的变化,以判断预测结果对预测变量变化的敏感程度。

3. 统计学分析:采用Excel 2010和SPSS 18.0软件实现数据录入、分析以及图表制作。

### 结 果

1. 自变量预测值:收集/检索所得2015—2030年(2015、2020、2025、2030年4个时点)我国人口数、人均GDP(美元)、机动车水平、教育水平和城市化水平预测值(表2)。

表2 2015—2030年我国致死性道路交通伤害负担相关基本变量的预测值

变 量	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
人口数(亿)	13.595	13.920	14.140	14.256	14.321
人均GDP(美元)	4 433	6 513	9 302	12 953	18 208
机动车数量(亿辆)	1.990	3.120	3.925	4.726	5.280
机动车水平	0.146	0.224	0.278	0.332	0.369
教育水平(年)	8.167	8.517	8.839	9.125	9.373
城市化水平	0.492	0.556	0.610	0.653	0.687

2. 道路交通伤害死亡率预测值:2015—2030年我国道路交通伤害死亡率预计将总体呈下降趋势,由13.689/10万降至11.802/10万。其中男性死亡率呈下降趋势,女性死亡率呈缓慢下降趋势(图1)。

2015—2030年男性各年龄组道路交通伤害死亡率均呈下降趋势;女性0~、15~和35~岁年龄组

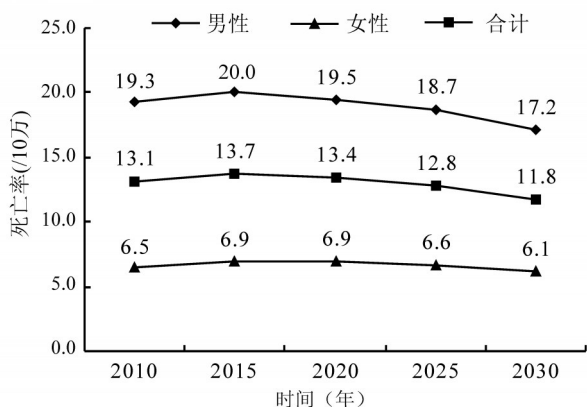


图1 2015—2030年我国道路交通伤害死亡率发展趋势

死亡率先上升后下降,2020年达到最大值,分别为1.716/10万、5.602/10万和9.344/10万,尔后逐渐下降,至2030年分别为1.654/10万、5.291/10万和8.675/10万(表3)。

表3 2015—2030年我国不同性别年龄组人群道路交通伤害死亡率预测值(/10万)

性别	年龄组(岁)	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
男	0~	4.911	5.110	5.016	4.804	4.443
	5~	6.550	6.773	6.597	6.265	5.740
	15~	15.855	16.711	16.405	15.662	14.370
	25~	24.470	25.092	24.067	22.462	20.137
	35~	28.149	29.117	28.331	26.905	24.661
	45~	19.886	19.807	18.755	17.292	15.379
	55~	21.742	21.542	20.327	18.653	16.499
	≥65	27.546	27.532	26.359	24.575	22.164
计	19.321	19.992	19.497	18.686	17.155	
女	0~	1.545	1.679	1.716	1.712	1.654
	5~	2.053	2.183	2.176	2.116	1.987
	15~	5.020	5.512	5.602	5.547	5.291
	25~	11.106	11.903	11.874	11.540	10.803
	35~	8.687	9.325	9.344	9.156	8.675
	45~	5.914	6.095	5.974	5.720	5.311
	55~	6.331	6.397	6.211	5.900	5.451
	≥65	7.509	7.320	7.006	6.555	5.989
计	6.494	6.931	6.861	6.613	6.136	
合计	13.133	13.689	13.390	12.840	11.802	

3. 道路交通伤害死亡人数预测值:自WHO获取2011年我国人群不同性别各年龄段期望寿命值(岁),联合国人口司获取2015—2030年我国不同性别各年龄段人口数。将道路交通伤害死亡率预测值与各性别、年龄组别人口数相乘,得出各组别死亡人数。即2015—2030年道路交通伤害总死亡人数分别为190 565、189 358、183 051、169 033人,呈逐渐下降趋势(图2)。其中男性道路交通伤害死亡人数

预计将呈总体下降趋势,由144 001人降至126 347人;45~岁和55~岁年龄组呈先上升后下降,分别在2020年和2025年达到最大值;≥65岁年龄组呈持续上升,2030年上升至27 521人。女性道路交通伤害死亡人数呈轻微下降趋势;55~岁和≥65岁年龄组始终为上升,分别由4 826人和5 975人增加至6 044人和8 645人(表4)。

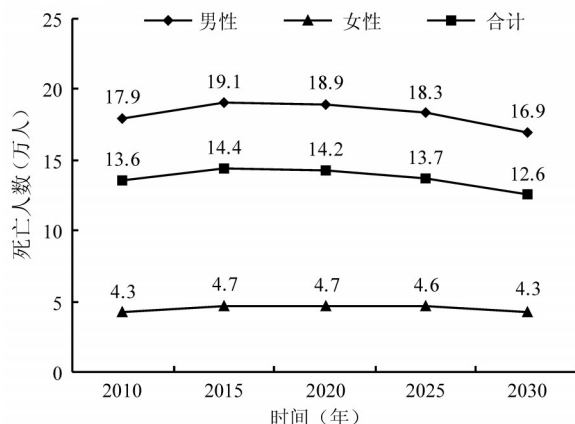


图2 2015—2030年我国道路交通伤害死亡人数变化趋势

表4 2015—2030年我国不同性别年龄组人群道路交通伤害死亡人数的预测值(1 000人)

性别	年龄组(岁)	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
男	0~	2.195	2.195	1.969	1.739	1.519
	5~	6.419	6.129	5.740	5.117	4.304
	15~	18.906	17.999	15.936	14.054	12.404
	25~	24.228	28.502	28.233	23.801	19.257
	35~	34.764	31.088	27.469	29.978	28.412
	45~	17.929	21.554	22.407	17.890	14.498
	55~	15.132	17.083	16.983	18.940	18.433
	≥65	16.393	19.451	23.739	25.882	27.521
计	135.965	144.001	142.477	137.400	126.347	
女	0~	0.570	0.607	0.577	0.536	0.494
	5~	1.670	1.624	1.578	1.467	1.283
	15~	5.325	5.075	4.524	4.096	3.810
	25~	10.419	12.535	12.434	10.483	8.609
	35~	10.233	9.572	8.641	9.518	8.973
	45~	5.028	6.349	6.901	5.762	4.829
	55~	4.199	4.826	5.033	5.886	6.044
	≥65	5.147	5.975	7.192	7.902	8.645
计	42.592	46.563	46.881	45.651	42.686	
合计	178.557	190.565	189.358	183.051	169.033	

4. 道路交通伤害所致YLL:致死性道路交通伤害导致我国男女性以及总计YLL均呈逐渐下降趋势,其中男性2015年为510.2万年,2030年降至400.6万年;女性2015年为181.5,2030年降至150.7万年;男女合计2015年为691.8,2030年551.3万年。

男性55~岁组YLL呈先上升后下降的趋势(2015年为32.3万年,2025年达到最大值的35.8万年),≥65岁组呈持续上升趋势,由2015年的17.9万年上升至2030年的25.3万年;女性55~岁组和≥65岁组均呈不断上升趋势(2015年分别为10.4、7.4万年,2030年分别上升至13.1、10.7万年),2015、2020、2025和2030年≥55岁年龄组致死性道路交通伤害的合计YLL分别为68.0、73.7、82.1和83.9万年,呈不断上升趋势(表5)。

表5 2015—2030年我国不同性别年龄组人群  
道路交通伤害的YLL(万年)

性别	年龄组(岁)	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
男	0~	16.2	16.2	14.6	12.9	11.2
	5~	41.9	40.0	37.4	33.4	28.1
	15~	104.9	99.9	88.4	78.0	68.8
	25~	111.4	131.1	129.9	109.5	88.6
	35~	127.2	113.8	100.5	109.7	104.0
	45~	49.1	59.1	61.4	49.0	39.7
	55~	28.6	32.3	32.1	35.8	34.8
	≥65	15.1	17.9	21.8	23.8	25.3
	计	494.5	510.2	486.2	452.1	400.6
女	0~	4.4	4.7	4.4	4.1	3.8
	5~	11.4	11.1	10.8	10.0	8.8
	15~	31.2	29.7	26.5	24.0	22.3
	25~	51.1	61.4	60.9	51.4	42.2
	35~	40.3	37.7	34.0	37.5	35.4
	45~	15.1	19.0	20.7	17.3	14.5
	55~	9.1	10.4	10.9	12.7	13.1
	≥65	6.4	7.4	8.9	9.8	10.7
	计	168.9	181.5	177.2	166.8	150.7
合计	663.4	691.8	663.4	618.9	551.3	

5. 预测模型敏感性分析:当2015—2030年各自变量年增长率同时增减1/4个标准差时,预测所得的全人群死亡率(/10万)、死亡人数(1 000人)和YLL(万年)变化非常小(表6)。

表6 致死性道路交通伤害预测模型敏感性分析

预测指标	自变量	2015年	2020年	2025年	2030年
死亡率(/10万)	预测值+1/4标准差	13.752	13.494	12.977	11.947
	预测值	13.689	13.390	12.840	11.802
	预测值-1/4标准差	13.623	13.281	12.709	11.658
死亡人数(1 000人)	预测值+1/4标准差	191.435	190.813	185.009	171.097
	预测值	190.565	189.358	183.051	169.033
	预测值-1/4标准差	189.649	187.799	181.177	166.953
YLL(万年)	预测值+1/4标准差	695.500	669.700	627.400	560.600
	预测值	691.800	663.400	618.900	551.300
	预测值-1/4标准差	687.900	656.700	610.700	542.000

## 讨 论

本文预测模型纳入了适合道路交通伤害的指标,模型效果优于WHO的预测模型<sup>[16,17]</sup>。敏感性分析显示,各自变量2015—2030年的预测值年增长率同时增减1/4个标准差相对稳定。预测结果表明,2015—2030年我国道路交通伤害死亡率和死亡人数将总体呈现先下降趋势。这可能与未来15年我国的经济还会持续增长有关。相关研究发现<sup>[18-20]</sup>,当经济水平较低时,随着经济的不断发展,道路交通伤害死亡率呈上升趋势,当经济发展到一定水平后(人均GDP 8 000美元),随着经济的发展,道路交通伤害的死亡率反而会逐渐降低。这是因为在经济水平较低时,整个社会对道路交通安全投入和重视不足,而经济发展机动车不断增多、大量人口涌入城市等因素的作用使得人群暴露于道路交通伤害的机会增加,从而引起道路交通伤害死亡率上升;而当经济发展到一定水平时,整个社会有更多的资源投入到道路交通安全建设,有利于降低道路交通伤害的死亡率。本研究还发现,我国因致死性道路交通伤害造成的YLL不断降低,表明我国致死性道路伤害造成的危害逐渐减少,这可能与我国政府对道路交通安全已有足够重视有关。

但高年龄组人群因道路交通伤害造成的YLL却呈上升趋势。这主要是由于我国人口不断老龄化所致。按国际组织对我国人口的预测,男性55~64岁人口比例将由2015年的11.0%上升至2030年的15.2%,≥65岁人口比例将由2015年9.8%上升至2030年的16.8%;女性55~64岁人口比例由2015年11.2%上升至2030年15.9%,≥65岁人口比例由2015年12.1%上升至2030年20.7%<sup>[10]</sup>。提示我国未来应将老龄人群的道路交通安全作为工作重点。

本研究由于非致死性道路交通伤害资料不

足<sup>[21]</sup>,不能对其发展趋势做出预测。但有研究表明,每发生1例道路交通伤害死亡至少有20人经历不同程度(从轻微伤到永久残疾)的非致死性道路交通伤害<sup>[22]</sup>。同时由于经济发展,伤害急救医疗水平不断提高,乘车保护装置不断创新和应用,致死性道路交通伤害发生率不断降低<sup>[22]</sup>,但非致死性道路交通伤害可能会相应增加。因此,道路交通伤害引起的总健康疾病负担(致伤/致残和致死)并不一定降低。

### 参 考 文 献

- [1] Zhang X, Xiang H, Chen Z, et al. Road traffic injuries in the People's Republic of China, 1951–2008 [J]. *Inj Prev*, 2010, 16(1): 758–764.
- [2] National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook 2012 [M]. Beijing: China Statistics Press, <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2012/indexch.htm>. (in Chinese)  
中华人民共和国国家统计局编. 中国统计年鉴2012 [M]. 北京: 中国统计出版社. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2012/indexch.htm>.
- [3] Hu G, Baker TD, Baker SP. Comparing road traffic mortality rates from police-reported data and death registration data in China [J]. *Bull World Health Organ*, 2011, 89(1): 41–45.
- [4] Abou-Raya S, Elmeguid LA. Road traffic accidents and the elderly [J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2009, 9(3): 290–297.
- [5] Yee WY, Cameron PA, Bailey MJ. Road traffic injuries in the elderly [J]. *Emerg Med J*, 2006, 23(1): 42–46.
- [6] Preusser DF, Williams AF, Ferguson SA, et al. Fatal crash risk for older drivers at intersections [J]. *Accid Anal Prev*, 1998, 30(2): 151–159.
- [7] The Office of National Committee on Ageing. The research report of forecasting trends of Chinese population aging [EB/OL]. [2012–08–10]. <http://www.cncaprc.gov.cn/info/1408.html>. (in Chinese)  
全国老龄工作委员会办公室. 中国人口老龄化发展趋势预测报告 [EB/OL]. [2012–08–10]. <http://www.cncaprc.gov.cn/info/1408.html>.
- [8] United Nations Population Division. World Urbanization Prospects, the 2011 Revision [EB/OL]. [2012–08–10]. <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>.
- [9] Hao H, Wang HW. Hybrid modeling of China's vehicle ownership and projections through 2050 [J]. *Energy*, 2011, 36(2): 1351–1361.
- [10] United Nations Population Division. World population prospects—the 2010 revision [M]. New York (NY): United Nations, 2011.
- [11] Department of Agriculture, United States. Real Projected Gross Domestic Product (GDP) Per Capita and Growth Rates of GDP Per Capita [EB/OL]. [2013–05–10]. [http://www.ers.usda.gov/datafiles/International\\_Macroeconomic\\_Data/Baseline\\_Data\\_Files/ProjectedRealPerCapitaGDPValues.xls](http://www.ers.usda.gov/datafiles/International_Macroeconomic_Data/Baseline_Data_Files/ProjectedRealPerCapitaGDPValues.xls).
- [12] Mathers CD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030 [J]. *PLoS Med*, 2006, 3(11): e442.
- [13] Huo H, Michael W, Johnson L, et al. Projection of Chinese motor vehicle growth, oil demand, and CO<sub>2</sub> emissions through 2050 [J]. *J Transport Res Board*, 2007, 2038(1): 69–77.
- [14] World Health Organization. Life expectancy: life tables China [EB/OL]. [2013–05–05]. <http://apps.who.int/gho/data/view.main.60340?lang=en>.
- [15] Allan JC, Kiniry JR, Dyke PT. CERES-Maize: a simulation model of maize growth and development [M]. USA: Texas A&M University Press, 1986.
- [16] Murray CJ, Lopez AD. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990–2020: Global Burden of Disease Study [J]. *Lancet*, 1997, 349(9064): 1498–1504.
- [17] Tan AC, Tian DP, Huang YX, et al. Development of forecasting models for fatal road traffic injuries [J]. *Chin J Epidemiol*, 2014, 35(2): 174–177. (in Chinese)  
谭爱春, 田丹平, 黄渊秀, 等. 致死性道路交通伤害预测模型的构建 [J]. *中华流行病学杂志*, 2014, 35(2): 174–177.
- [18] Bishai D, Quresh A, James P, et al. National road casualties and economic development [J]. *Health Eco*, 2006, 15(1): 65–81.
- [19] Kopits E, Cropper M. Traffic fatalities and economic growth [J]. *Accid Anal Prev*, 2005, 37(1): 169–178.
- [20] Beeck EF, Borsboom GJ, Mackenbach JP. Economic development and traffic accident mortality in the industrialized world, 1962–1990 [J]. *Int J Epidemiol*, 2000, 29(3): 503–509.
- [21] Bhalla K, Harrison J, Abraham J, et al. Data sources for improving estimates of the global burden of injuries: call for contributors [J]. *PLoS Med*, 2009, 6(1): e1000001.
- [22] World Health Organization. Global Status Report on Road Safety 2013 [R]. Geneva: WHO, 2013.

(收稿日期: 2013–09–15)

(本文编辑: 张林东)