文章编号：1002－0268（2011）S1－0129－07

基于驾驶模拟器的使用手机对车辆驾驶可靠度的影响

刘 畅，丁 荣，赵 琼
（同济大学 交通运输工程学院，上海 201804）

摘要： 将驾驶模拟器作为试验平台分析使用手机对驾驶的影响，有40名驾驶员参与了多阶段的试验，利用统计数据对不同通讯方式下完成的不同驾驶任务进行比较分析，得到初步结论：带有干扰性的手机通话最有可能引发道路交通事故，而免提可以起到轻微的改善作用，不能有效改善负面影响；使用手机同时完成双重任务的干扰性远比单一任务的干扰性影响大；男性使用手机对于驾驶安全性影响比对女性大。以试验的相关统计数据为基础，建立了使用手机对驾驶的可靠度模型，综合分析验证了使用手机对于车辆驾驶影响的初步结论。进一步为基于模型的驾驶可靠度进行分级，得到结论：使用手机对驾驶可靠度影响显著，干扰对话对驾驶可靠度影响更加显著；任何形式的通话都会使可靠度迅速减小。

关键词： 驾驶可靠度；统计分析；驾驶行为；驾驶模拟器；手机；交通安全
中图分类号： U491.6 **文献标识码：** A

Effect of Mobile Phone Conversation on Driving Reliability Based on Driving Simulator

LIU Chang, DING Rong, ZHAO Qiong
(School of Transportation, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: The effects of cell phone conversations on driving behavior are assessed in a simulated environment. Forty participants took part in our multi-staged experiment. By comparing different driving behaviors under different mobile phone using conditions, it is preliminary concluded that (1) disturbing phone conversations lead to traffic accidents, while conversations on a hands-free cell phone ameliorate the bad influence but it is unlikely to eliminate the negative effects; (2) dual-task with phone conversation has greater impact than single task; (3) compared with females, it is more dangerous for males to make a phone call while driving. A reliability model of driving with phone conversations is established based on the relevant data for the comprehensive analysis and verification of the preliminary conclusion. The driving reliability is graded based on the model, and further conclusions are achieved that (1) driving while using mobile phone will reduce the driving reliability remarkably, and disturbing phone conversation will reduce it more remarkably; (2) any form of mobile communication leads to the reduction of driving reliability.

Key words: driving reliability; statistic analysis; driving behavior; driving simulator; mobile phone; traffic safety

0 引言

道路交通事故的发生是由于人的不安全行为和物（道路、车辆、环境）的不安全状态共同所造成的。据世界各国官方机构统计，由驾驶员直接造成的事故占总事故数的44%～84.7%[1]。无疑驾驶员

收稿日期：2011－04－17
作者简介：刘畅（1990－），男，上海人，本科.（lyunmcflydh@hotmail.com）

的过失是交通事故发生的最主要的原因。根据研究，在日本、美国、加拿大等地，驾车时使用手机会导致驾车者注意力不同程度下降，干扰性通话带来的影响更大。《中华人民共和国道路交通法实施条例》第62条第3项规定：驾驶机动车不得拨打接听手持电话、观看电视等妨碍安全驾驶的行为。而近年来，我国对超速行驶，酒后驾驶和疲劳驾驶等进行严查，但驾驶员使用手机并未受到制约。同时，随着手机通信技术的发展，出现了蓝牙耳机，免提接听等众多更方便驾驶员在驾驶途中使用手机的方式。针对近年来日益普及化的免提通话趋势，本试验采用SCANeR™studio模拟驾驶仿真平台（见图1），将通过多阶段试验，对不同通讯方式和驾驶场景下，使用手机对驾驶影响的规律进行统计分析，综合比较驾驶员变化的反应时间、加速和制动踏板、转向时间、虚拟事故数量等，希望得到驾驶员在相似的实际场景中的驾驶反应规律，深入了解使用手机对车辆驾驶的影响。[2-5]

图1 模拟驾驶平台示意图

Fig. 1 Simulated driving platform

1 试验方法

1.1 试验参与者

试验参与者为40人，年龄为22～19岁，驾龄为3～0.5 a，驾照类型均为C1，其中2人有过违章记录。参与试验的驾驶员年龄和驾龄偏小，但是由于低驾龄为事故高发人群，本研究认为事故高发人群有利于模拟驾驶试验统计到具有可比性的各项事故数据。试验前，参与者还参与了问卷调查，其中包含4个问题：（1）日常驾驶时使用手机频率；（2）日常可能会使用手机的道路环境；（3）是否认为手机对于驾驶有影响；（4）认为其他哪种打电话方式可以减小手机影响。根据问卷和现实情况，驾驶员只会在城市道路中使用手机，因而试验主要部分集中在城市道路场景中展开；驾驶员很清楚的认识到了使用手机对于驾驶的影响，但是具体影响程度不能明确判断，大部分驾驶员认为使用蓝牙耳机或免提通话等方式可以改善影响。

1.2 试验设计与步骤

1.2.1 转向时间的测定

试验场景以直线道路为主，驾驶员根据提示口令，左转或者右转方向盘，在使用手机和不使用手机的情况下各测试3次。试验员记录下转向时间。

1.2.2 高速公路模拟驾驶场景

在高速公路场景中，驾驶员行驶途中会随机出现障碍物和低速行驶的车辆，需要驾驶员做出判断选择避让或者超车等驾驶操作。高速公路模拟驾驶分为两种情况：一般通话的驾驶情况和免提进行干扰通话的驾驶情况。高速公路试验测试驾驶员对于速度的控制，要求驾驶员将速度控制在80 km/h左右，由一位试验员记录控速失误次数。

1.2.3 城市道路模拟驾驶场景

城市道路场景模拟夜间车况，试验路况复杂，考验驾驶员对突发状况的反应。城市道路模拟驾驶共分5种情况：（1）一般驾驶情况；（2）免提手机进行一般通话的驾驶情况；（3）手持手机进行一般通话的驾驶情况；（4）免提进行干扰通话的驾驶情况；（5）手持手机进行干扰通话的驾驶情况（后文用1、2、3、4、5表示）。由一位试验员记录驾驶员违规次数及熄火次数。根据驾驶录像回放，得到参与者在路口的启动时间来综合比较驾驶情况。

2 数据分析

2.1 转向时间

驾驶员通过操纵方向盘来控制车辆的行驶轨迹，如果驾驶员在操作方向盘时出现反应迟钝、动作缓慢等不恰当反应，就极易造成交通事故。本节就使用手机对驾驶员转向操作的影响展开研究，分析使用手机对转向驾驶操作技能的影响程度。

试验中，驾驶员的转向时间：$T_s = t_1 - t_2$；引入观测修正系数$\lambda T_s = 0.987\ 003$，近似取$\lambda T_s = 0.987$，由计算得到驾驶员的转向时间修正值：$T'_s = T_s\lambda \times T_s$。样本具有配对关系，故选用配对样本$t$检验的统计方法分析使用手机对转向时间的影响。

使用SPSS19.0的Compare Means（均值比较）模块对240组数据进行配对样本T校验，结果如表1、表2所示。

表 1　成对样本相关系数

Tab. 1　Paired-sample correlation coefficient

	N	相关系数	*Sig.*
一般情况和手持手机	120	0.107	0.243（>0.05 没有明显线性关系）

结果分析：一般状况下，转向时间的均值为 2.603 s；手持手机时，转向时间的均值为 3.885 s；手持手机时要比一般情况下平均多花 1.283 s，并且手持电话的反应时间因人而异；驾驶员使用手机对转向时间有十分明显的影响，表现在更难以控制转向和更慢的转向操作，驾驶员有较大可能会在实际驾驶中发生事故。

表 2　成对样本检验

Tab. 2　Paired-sample test

	均值/s	标准差	均值的标准误	差分的 95% 置信区间		*T*	*df*	*Sig.*（双侧）
				下限	上限			
时间差	1.282 7	0.699 062	0.063 815	1.156 381	1.409 102	20.101	119	0.000（<0.01 差异显著）

2.2　高速公路场景模拟驾驶

超速驾驶是导致交通事故的重要起因之一，本节就使用手机对驾驶员控制行驶速度的影响展开研究，分析使用手机对驾驶员注意力分散产生速度控制失误的影响程度。

应用与转向时间相同的统计方法，使用 SPSS19.0 的 Compare Means（均值比较）模块对 80 组数据进行配对样本 *T* 校验，结果显示：正常驾驶状况下，控速失误次数的均值为 1.50 次；免提状况下，控速失误次数的均值为 2.80 次；故使用手机的免提形式会对驾驶员的思想集中产生明显影响，导致速度控制的失误的增加，同时增加超速的可能，间接影响道路安全。

2.3　城市道路场景模拟驾驶

2.3.1　启动反应时间分析

本节对数据进行统计，对比分析不同通话方式、不同性质通话内容、不同性别对驾驶员的反应时间的影响程度，深入分析并试图指出在使用手机情况下影响驾驶员反应时间的决定性因素，为健全完善相关法律法规提供理论依据。

试验中，启动反应时间的采集与前文中转向时间的采集类同，依然采用修正系数 0.987，来消除观测者由于反应时间产生的误差。这部分分析中，我们选用了单因素方差分析（One-Way ANOVA）的统计方法分析使用手机对驾驶员启动反应时间的影响机理。

使用 SPSS19.0 对 970 组数据进行单因素方差分析，进一步对比检验，最终进行多重比较，如表 3 所示。

表 3　多重比较

Tab. 3　Multiple comparisons

(*I*) GROUP	(*J*) GROUP	均值差 (*I*−*J*)	标准误	显著性	95% 置信区间	
					下限	上限
1	2	−0.307 608*	0.060 188	0.000（差异非常显著）	−0.477 52	−0.137 70
	3	−0.338 258*	0.060 187	0.000（差异非常显著）	−0.508 17	−0.168 35
2	3	−0.030 649	0.077 780	1.000（无明显显著）	−0.249 66	0.188 36
3	2	0.030 649	0.077 780	1.000（无明显显著）	−0.188 36	0.249 66
4	2	0.2648 66*	0.069 906	0.002（差异非常显著）	0.067 97	0.461 77
	5	−0.168 804	0.061 045	0.058（无明显显著）	−0.340 69	0.003 08
5	3	0.403 021*	0.069 924	0.000（差异非常显著）	0.206 07	0.599 97
	4	0.168 804	0.061 045	0.058（无明显显著）	−0.003 08	0.340 69

结果分析：使用手机对启动反应时间有显著影响；手机的使用方式对反应时间影响不大。但由均值可知，手持电话情况下，启动的反应时间稍长；干扰对话对反应时间有显著影响，使用免提电话形式也无法减小干扰对话影响。

2.3.2　违章次数分析

在进行模拟驾驶试验中，由于驾驶场景中突发状况非常密集且难以控制，参与者会出现较多的违章情况，特意将违章次数纳入使用手机导致的影响因素中。统计了驾驶员在不同路况和不同的驾驶条件下的违章次数，分析驾驶时使用手机对驾驶员影

响程度。

对试验数据使用 SPSS19.0 进行分析，分析方法与启动反应时间一致，图表省略。结果显示：正常驾驶相对于免提状态和手持手机，普通通话状态相对于干扰提问状态，在统计意义上，差异非常显著，即认为驾驶员行车过程中使用手机对驾驶安全带来显著的影响，使试验中的违章次数飙升；干扰性通话对于驾驶有明显影响；免提与手持手机在这一环节产生的影响却类似；通话内容若存在干扰性，需要驾驶员进行思考等就加强了对驾驶员的影响。

2.4 使用手机对于驾驶时踏板力与踏板位移影响

车辆行驶时，驾驶员对于速度的控制（驾驶员心理的间接反映）等判断会直接反应在踏板上。通过踏板力和踏板位移的分析，得到驾驶员在使用手机时的危险路段，提供使用手机诱发交通事故的直观说明。

对 40 位参与的驾驶员采集了试验数据，为试验时的加速/制动踏板的踏板瞬时力和踏板瞬时位移，分别为 F 和 S，为方便统计比较，将加速/制动踏板的踏板力和踏板位移分别相乘等于 K 值即 $K = F \times S$，并绘制成 $K - t$ 图像，进行图像直观比较（见图 2）。

高速公路 $K - t$ 图显示参与者在一般情况下开车较为平稳，除一个峰值相对更大，一般情况的加速踏板 K 值比较平缓稳定。这种情况下，驾驶员对于交通情况的判断处理显然会更好。

图 2 表明，情况 1：参与者驾驶较为平稳能对突发状况作出快速合理判断。情况 2：驾驶者行驶较慢，突然加速情况更多。情况 3：驾驶相对不平稳，刹车和突然加速情况更多。情况 4：行驶更慢，驾驶相对不平稳，刹车和突然加速情况最多，即虽然降低速度，但是由于变速更多，更容易引起追尾等其他交通事故。情况 5：速度控制受影响，驾驶最为不平稳，刹车和突然加速情况较多。即驾驶员会忽略速度控制，对于突发情况判断变差，增大交通事故概率。驾驶员在使用手机通讯方式，会使整个路段上的事故黑点增多。同时，会使原易发交通事故的路段更加容易引发交通事故[6-12]。

3 使用手机对驾驶的动态可靠度评价研究

3.1 可靠度评价目的

驾驶的可靠度是指：驾驶员在规定的条件下、在规定的时间内完成规定的驾驶任务的能力。现有

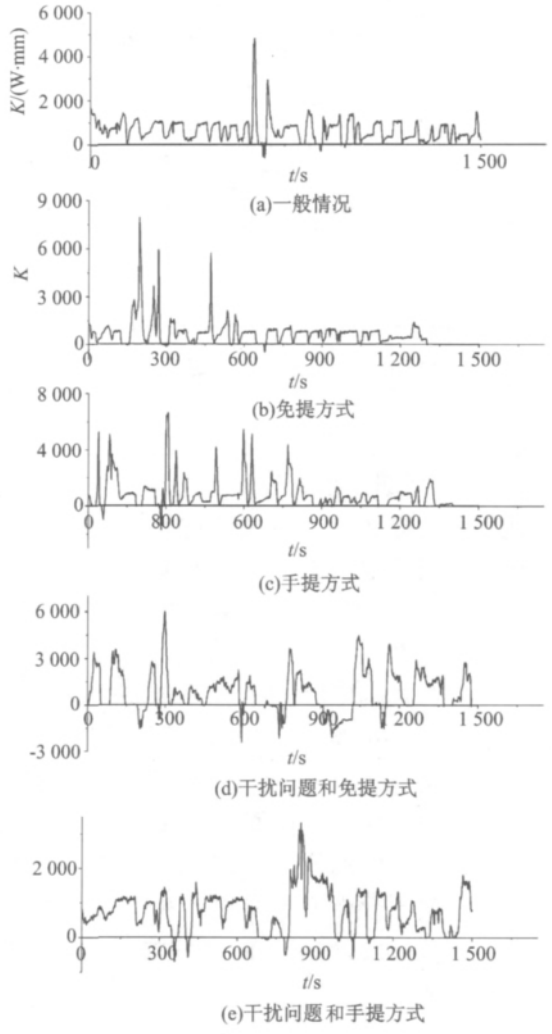

图 2 城市道路 $K-t$ 图

Fig. 2 $K-t$ curve of urban road

驾驶可靠度以人因可靠度为主因素对驾驶行为综合研究。本文基于车辆行驶状态对于驾驶员因素的间接反映来进行研究，如图 3 所示。本文通过可靠度评价模型，以使用手机为特定条件，对当前以及将来的某个特定时间的可靠性进行预测[13-16]。

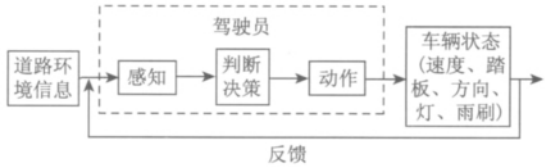

图 3 驾驶行为形成过程示意图

Fig. 3 Formation process of driving behavior

3.2 可靠度评价模型

3.2.1 可靠度模型的构建

根据可靠性框图（见图 4）得到系统可靠度：

$$R = 1 - \prod_{i=1}^{4} p_i\{1 - R_1 [1 - (1 - R_2) \cdot$$

$(1-R_3)(1-R_4)]\}$。

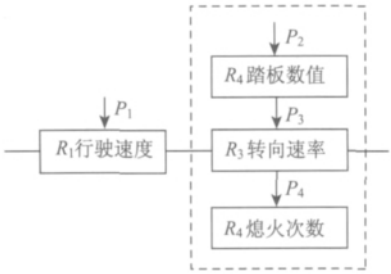

图4　可靠性框图

Fig. 4　Block diagram of reliability

选用单参数指数分布 $R=e^{-\lambda t}$，分布满足：（1）在0时刻，绝对不会发生驾驶失误；（2）在无限远的时刻，一定会发生驾驶失误；（3）在时间区间上，函数总是单调下降的；（4）函数值域为［0，1］；因此设可靠度函数：$R_1=e^{-\lambda_1 t}$，$R_2=e^{-\lambda_2 t}$，$R_3=e^{-\lambda_3 t}$，$R_4=e^{-\lambda_4 t}=$｛安全，较安全，一般，危险｝。

3.2.2　各因素权重的计算

驾驶员在行车时，由于驾驶行为形成各因素的制约，导致理论上驾驶可靠度与实际的驾驶可靠度有所偏差，所以在评价实际驾驶可靠度时还需要考虑驾驶行为形成各因素对理论上驾驶可靠度的影响系数，也就是各因素的权重。本文选用层次分析法（Analytic Hierarchy Process，AHP）对各评价因素进行权重计算，如图5所示。

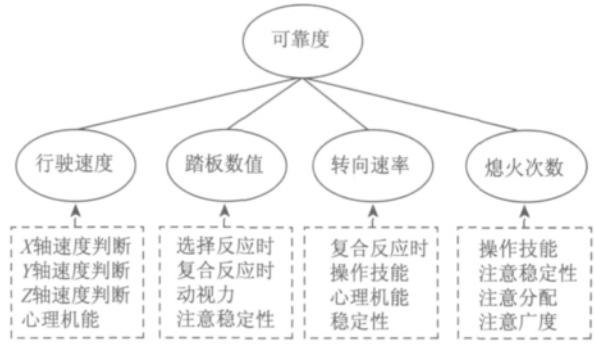

图5　使用手机对驾驶的可靠度影响的层次结构模型的构建

Fig. 5　Construction of hierarchical structure model of effects of mobile phone conversation on driving reliability

成对比较矩阵依据下列规则：$a_{ij}=1$，元素 i 与元素 j 对上一层次因素的重要性相同；$a_{ij}=3$，元素 i 比元素 j 略重要；$a_{ij}=5$，元素 i 比元素 j 重要；$a_{ij}=7$，元素 i 比元素 j 重要得多；$a_{ij}=9$，元素 i 比元素 j 的极其重要；$a_{ij}=2n$，$n=1$，2，3，4，元素 i 与 j 的重要性介于 $a_{ij}=2n-1$ 与 $a_{ij}=2n+1$ 之间；$a_{ij}=1/n$，$n=1$，2，…，9，当且仅当 $a_{ji}=n$。

得构造矩阵：

$$\boldsymbol{A}=\begin{bmatrix}1 & 5 & 7 & 8\\ 1/5 & 1 & 2 & 3\\ 1/7 & 1/2 & 1 & 2\\ 1/8 & 1/3 & 1/2 & 1\end{bmatrix}。$$

矩阵 $\boldsymbol{A}$ 的特征矩阵 $\boldsymbol{V}$：

$$\boldsymbol{V}=\begin{bmatrix}0.955\,4 & 0.971\,2 & 0.971\,2 & -0.848\,1\\ 0.242\,8 & -0.019\,4+0.190\,9\mathrm{i} & -0.019\,4-0.190\,9\mathrm{i} & 0.419\,5\\ 0.142\,4 & -0.102\,8+0.032\,2\mathrm{i} & -0.102\,8-0.032\,2\mathrm{i} & -0.303\,1\\ 0.088\,8 & -0.020\,4-0.088\,8\mathrm{i} & -0.020\,4+0.088\,8\mathrm{i} & 0.113\,3\end{bmatrix}。$$

特征值 $\boldsymbol{D}$：

$$\boldsymbol{D}=\begin{bmatrix}4.057\,8 & 0 & 0 & 0\\ 0 & -0.009\,1+0.483\,3\mathrm{i} & 0 & 0\\ 0 & 0 & -0.009\,1-0.483\,3\mathrm{i} & 0\\ 0 & 0 & 0 & -0.039\,6\end{bmatrix},$$

式中，最大特征值为4.057 8，对应的特征向量 v：

$$v=[0.955\,4,0.242\,8,0.142\,4,0.088\,8]^{\mathrm{T}},$$

单位化得权重向量 v_1：

$$v_1=[0.668\,4,0.169\,8,0.099\,6,0.062\,1]。$$

3.2.3　基于模拟驾驶试验的模型验证

得到系统可靠度的计算公式为：

$$R=1-\prod_{i=1}^{4}p_i\{1-R_1[1-(1-R_2)\cdot(1-R_3)(1-R_4)]\},$$

式中，$\prod_{i=1}^{4}p_i=0.668\,4\times(0.169\,8+0.099\,6+0.062\,1)=0.221\,574\,6$。

根据以后的一些模拟试验的基本参数，对数据进行统计处理求得5个不同阶段的各项参数，具体参数如表4所示。

根据以往研究，对修正后的可靠度进行分级。

以试验数据，计算各评价因素失误率，代入系统可靠度计算公式，绘制5类情况下的可靠度－时

表4 5个阶段的 λ 值

Tab. 4 λ values for 5 phases

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
一般情况	0.009 8	0.010 0	0.013 4	0.009 7
手提通话	0.031 0	0.029 5	0.032 1	0.012 0
免提通话	0.034 5	0.042 7	0.035 7	0.012 9
手提干扰通话	0.077 2	0.058 0	0.055 0	0.014 1
免提干扰通话	0.083 5	0.065 5	0.061 5	0.015 0

表5 可靠度分级

Tab. 5 Classification of reliability

可靠度	1.00～0.99	0.99～0.97	0.97～0.80	0.80～0.60	0.60～0.00
评价等级	非常安全	安全	危险	非常危险	极度危险

间曲线，如图6所示。得到结论：（1）5条曲线，由离开原点到靠近原点依次为，一般情况，手提通话情况，免提通话情况，手提干扰通话情况，免提干扰通话情况。可靠度的变化速率依次逐渐变快，但相似对话内容下的不同通话方式对可靠度影响不大。（2）随着驾驶时间越长，使用任何形式的手机通话方式对可靠度递减速度影响都非常显著。

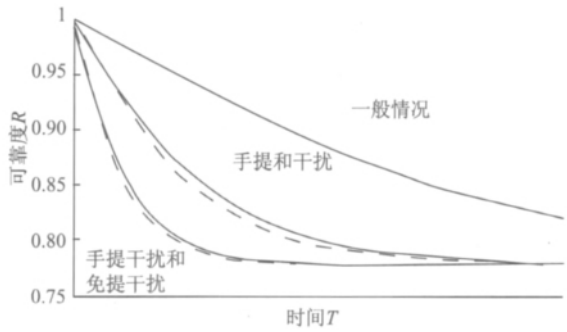

图6 可靠度－时间曲线

Fig. 6 Reliability-time curves

4 结论与展望

（1）使用任何形式的手机通话方式，对于驾驶行为的影响都是不能忽视的。

（2）相比手提电话，免提电话能略微减小危险性，但效果不显著。在长时间通话后，不同通话形式的危险性趋于一致，危险性都非常高。

（3）使用手机同时完成双重任务的干扰性远比单一任务的干扰性影响大，在驾驶中建议不要进行高危险性的复杂干扰对话。

（4）男性驾驶员使用手机对于驾驶安全性的影响比对女性驾驶员更大，但随着通话的复杂程度增加而与女性驾驶员趋于一致。

本研究由于条件限制，导致结果可能存在偏差，有待后续研究。

（1）模拟试验的样本量相对较小，参与试验的驾驶员年龄不具有统计普遍性。本试验无法说明使用手机对于不同年龄，不同工作的人群的不同影响。

（2）模拟驾驶缺乏真实场景的复杂性。本试验中无法了解行驶中鸣喇叭，超车，变道等交通突发状况下，使用手机的影响。

（3）可靠度模型的各项参数需要进一步修正处理，基于使用手机的模拟驾驶数据，对于更普遍情况的适用性有待验证。

（4）本试验从各个方面，对使用手机的影响进行了分析总结，但是对于个体的影响程度很难准确判断，使用手机的个体差异需要利用动态软件在现实中进一步分析。

参考文献：

References：

[1] 交通运输部公路科学研究院. 2010年中国道路交通安全蓝皮书 [M]. 北京：人民交通出版社，2010.
Research Institute of Highway Ministry of Transport. The Blue Book of Road Safety in China 2010 [M]. Beijing: China Communications Press, 2010.

[2] 陈明伟，袁晓华，潘敏，等. 从道路交通事故统计分析对比谈预防措施 [J]. 中国安全科学学报，2004，14（8）：59－63.
CHEN Mingwei, YUAN Xiaohua, PAN Min, et al. Discussion on Preventive Measures for Road Traffic Accidents from Statistic Analysis and Comparison [J]. China Safety Science Journal, 2004, 14 (8): 59－63.

[3] 王长君，高岩，张爱红. 重点违法行为导致交通事故的数据分析 [J]. 交通运输工程与信息学报，2005，3（3）：29－36.
WANG Changjun, GAO Yan, ZHANG Aihong. Analysis of the Road Traffic Fatalities Caused by Severe Traffic Violation [J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2005, 3 (3): 29－36.

[4] 郭忠印，方守恩. 道路安全工程 [M]. 北京：人民交通出版社，2003.
GUO Zhongyin, FANG Shou'en. Road Safety Engineering [M]. Beijing: China Communications Press, 2003.

[5] 裴玉龙. 道路交通安全 [M]. 北京：人民交通出版社，2004.
PEI Yulong. Road Traffic Safety [M]. Beijing: China Communications Press, 2004.

[6] 胡江碧，曹新涛. 道路交通事故肇事驾驶员特征分析 [J]. 中国公路学报，2009，22（6）：106－110.
HU Jiangbi, CAO Xintao. Analysis of Characteristic of

Driver Involved in Road Traffic Accident [J]. China Journal of Highway and Transport, 2009, 22 (6): 106 – 110.

[7] SCHLEHOFERA M M, THOMPSONB S C, TING S, et al. Psychological Predictors of College Students' Cell Phone Use While Driving [J]. Accident Analysis and Prevention, 2010, 42 (4): 1107 – 1112.

[8] 张殿业，王武宏，曹琦，等. 驾驶员反应能力与最高时速的安全可靠性分析 [J]. 中国公路学报，1998，11 (1): 109 – 114.
ZHANG Dianye, WANG Wuhong, CAO Qi, et al. Reliability Analysis for Response Time of Drivers with Limit Speed [J]. China Journal of Highway and Transport, 1998, 11 (1): 109 – 114.

[9] CAIRD J K, WILLNESS C R, STEEL P, et al. A Meta-analysis of the Effects of Cell Phones on Driver Performance [J]. Accident Analysis and Prevention, 2008, 40 (4): 1282 – 1293.

[10] DRESSEL J, ATCHLEY P. Cellular Phone Use While Driving: a Methodological Checklist for Investigating Dual-task Costs [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2008, 11 (5): 347 – 361.

[11] STRAYER D L, JOHNSTON W A. Driven to Distraction: Dual Task Studies of Simulated Driving and Conversing on a Cellular Telephone [J]. American Psychological Society, 2001, 12 (6): 462 – 466.

[12] 陆斯文，方守恩，李刚. 城市道路人车冲突和碰撞概率微观模型研究 [J]. 同济大学学报：自然科学版，2009，37 (12): 1627 – 1632.
LU Siwen, FANG Shou'en, LI Gang. Study on Probabilistic Microscopic Models for Pedestrian – vehicle Traffic Conflict and Collision on Urban Road [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2009, 37 (12): 1627 – 1632.

[13] 王武宏，孙逢春，曹琦，等. 道路交通系统中驾驶行为理论与方法 [M]. 北京：科学出版社，2001.
WANG Wuhong, SUN Fengchun, CAO Qi, et al. Driving Behaviour Theory and Its Application in Road Traffic System [M]. Beijing: Science Press, 2001.

[14] 秦小虎，柴毅，黄席樾. 汽车驾驶员驾驶特征的模糊评价方法 [J]. 公路交通科技，2004，21 (4): 90 – 92.
QIN Xiaohu, CHAI Yi, HUANG Xiyue. Fuzzy Assessment Method for Driving Behavior Analysis [J]. 公路交通科技，2004，21 (4): 90 – 92.

[15] 刘玉增，郭孜政，张骏. 基于单调关联系统的驾驶行为可靠度计算方法 [J]. 交通运输工程学报，2008，8 (4): 104 – 109.
LIU Yuzeng, GUO Zizheng, ZHANG Jun. Calculation Method of Reliability for Driving Behavior Based on Monotone Coherent System [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2008, 8 (4): 104 – 109.

[16] 张殿业，金键，杨京帅，等. 驾驶员身心条件安全可靠性综合评价 [J]. 中国公路学报，2004，17 (4): 96 – 100.
ZHANG Dianye, JIN Jian, YANG Jingshuai, et al. Psycho-physiological Evaluation of Driver Safety Reliability [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17 (4): 96 – 100.

(上接第 100 页)

ZHANG Lin. Location Presentation in Traffic Information Service [C] // 2007 Symposium of China Technical Application Association for Global Positioning System. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2007.

[13] 张林，董振宁，孙建宏，等，交通信息服务数据质量评测模型研究 [C] // 卫星导航技术进步与创新：2008 年 GPS 协会论文集. 北京：测绘出版社，2008：256 – 260.
ZHANG Lin, DONG Zhenning, SUN jianhong, et al. A Research on the Data Quality Evaluation Model of Traffic Information [C] // Technical Progress and Innovation of Satellite Navigation: 2008 Symposium of China Technical Application Association for Global Positioning System. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2008: 256 – 260.

[14] 张林，董振宁，赵琳，等，交通信息质量评测中的时空分布模型研究 [C] // 卫星导航产业发展与对策：2009 年 GPS 协会论文集. 北京：测绘出版社，2009：218 – 225.
ZHANG Lin, DONG Zhenning, ZHAO Lin, et al. A Research on Spatial-temporal Model for Data Quality Evaluation of Traffic Information [C] // Industrial Progress and Strategy of Satellite Navigation: 2009 Symposium of China Technical Application Association for Global Positioning System. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2009: 218 – 225.

[15] 张林，董振宁，赵琳，等，基于旅行时间的交通信息质量评测方法研究 [C] //2010 年 GPS 协会论文集. 北京：测绘出版社，2010.
ZHANG Lin, DONG Zhenning, ZHAO Lin, et al. A Research on the Data Quality Evaluation Model of Traffic Information Based on Travel Time [C] // 2010 Symposium of China Technical Application Association for Global Positioning System. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2010.