

文章编号:1005-0523(2018)01-0055-08

# 基于事故树分析的货运驾驶员失误研究

于影霞<sup>1</sup>,曾致桓<sup>1</sup>,龙丹<sup>2</sup>

(华东交通大学 1.交通运输学院;2.理工学院,江西 南昌 330013)

**摘要:**以从事公路运输的货运驾驶员为研究对象,基于对4家货运企业的实际调研,在总结前人研究成果的基础上,建立货运驾驶员失误引发道路交通事故的事故树模型,并对事故树进行了分析,最后提出预防驾驶员失误的措施和建议。研究表明,货运驾驶员失误及其由此引发的交通事故极易发生,危险性很大,且控制事故的途径较少;紧张、饮酒、疲劳、药物与疾病对货运驾驶员失误影响最大。

**关键词:**货运驾驶员;事故树分析;驾驶失误;道路交通事故

**中图分类号:**X951;U495

**文献标志码:**A

根据公安部交通事故统计数据,在几种车辆类型中,货运车辆无论是致死率还是发生事故的比例都远高于其它营运车辆与非营运车辆<sup>[1]</sup>。大量研究表明,货运驾驶员驾驶失误是引发群死群伤恶性道路交通事故的重要原因。驾驶员的行为失误是一个非常复杂的问题,因为驾驶员本身就是一个随时随地都在变化的系统,这个系统被大量的、多维的自身变量制约着,同时又受到车辆、环境等无数变量的牵涉和影响。驾驶员在驾驶中稍有疏忽,事故就可能发生。因此,驾驶员失误的原因必定也是多方面的,既包括驾驶员自身的生理、心理因素,又包括道路、车辆、交通环境以及家庭和社会因素,而且在多数情况下是多种原因的复合结果。但目前国内外对于驾驶员行为失误的研究多是针对某一个因素的单项(如疲劳对驾驶失误的影响、心理因素对驾驶失误的影响)研究,并且很少对驾驶员进行分类研究,但由于不同驾驶员的认识水平、行为方式、驾驶技能、驾驶经验、道路环境、驾驶车辆等都存在较大差异,决定了引发失误的具体原因也存在很多不同。论文以货运驾驶员为研究对象,基于企业实际调研,并在总结前人研究成果的基础上,建立货运驾驶员失误的事故树模型,在此基础上,对货运驾驶员失误进行了分析。

## 1 货运驾驶员失误引发道路交通事故的致因调查及统计分析

选择4家货运企业的4名安全管理人员和360名驾驶员作为调查对象。采用访谈法和问卷调查法,对企业交通事故状况、驾驶员工作情况以及驾驶员对驾驶失误的认识进行调查和分析。

### 1.1 运输企业道路交通事故致因调查及统计分析

调查的4家运输企业近5年共发生由于驾驶员失误而引发的道路交通事故149起,占事故总数的82.3%。可见,货运驾驶员失误是货运企业道路交通事故的主要原因。

对驾驶员失误引发的149起交通事故进行分析(见表1),结果显示:超速行驶、疏忽大意、疲劳驾驶是货运驾驶员失误的主要原因;由疲劳驾驶引发的事故在货运驾驶员中表现尤为突出,远高于文献[1]的比例。每天驾车时间为7~8 h的驾驶员占61%;6~7 h的占20%;9~12 h的占18%;还有约1%的驾驶员每天驾车时间甚至超过了12 h。

收稿日期:2017-07-04

基金项目:载运工具与装备教育部重点实验室资助项目(09JD04)

作者简介:于影霞(1964—),女,副教授,主要研究方向为质量与安全。

表1 149起货运驾驶员失误案例的统计分析  
Tab.1 Statistical analysis of 149 truck driver faults

驾驶员失误类型	超速	疏忽大意	疲劳驾驶	酒后驾车	疾病与药物	其它	合计
失误次数/次	47	34	32	13	8	15	149
占总数的比例/%	31.5	23	21.5	8.6	5.4	10.0	100

## 1.2 货运驾驶员对驾驶失误认识的调查及统计分析

为了解货运驾驶员自身对于驾驶失误的认识,进行问卷调查,共发放问卷360份,收回问卷348份,剔除缺失数据和答案明显不合理的问卷,有效问卷为335份,有效回收率为93.1%。调查显示,排在驾驶失误前3位的原因是:疲劳驾驶、疏忽大意、道路条件,具体见表2。

表2 货运企业驾驶员对驾驶失误认识的统计分析  
Tab.2 Statistical analysis of truck drivers' understandings on faults

失误原因	疲劳驾驶	疏忽大意	道路条件	超速	恶劣天气	其它	合计
人数/人	243	36	24	15	13	4	335
比例/%	72.5	10.7	7.2	4.5	3.9	1.2	100

## 2 货运驾驶员失误引发道路交通事故的事故树模型的构建

国内研究驾驶员失误多为现象,很少系统性地从驾驶失误的根本原因上进行总结分析。而国外对于驾驶员失误人为因素的分析以Eleni<sup>[2]</sup>的研究最为系统与全面,他通过对一百多篇论文的分析总结,将交通事故中的驾驶员因素分为2大类:影响驾驶员处理交通意外事件能力因素和诱导驾驶员采取冒险行为因素。另外,著名心理学家Reason将人的失误划分为两大类<sup>[3]</sup>:一类是在执行既定的意向计划过程中的失误,称为疏忽和遗忘;另一类是在构建意向计划过程中的失误,称为错误和违反。参照Reason和Eleni对于人失误的分类,并在总结近期国内外相关研究<sup>[4-10]</sup>的基础上,通过对4家企业属于驾驶员责任的149例案例的统计分析以及对360位驾驶员的问卷调查,建立货运驾驶员行为失误引发道路交通事故的事故树模型,如图1,图2所示,其事件见表3。

表3 货运驾驶员失误的事故树事件表  
Tab.3 Events in fault tree of truck drivers' faults

符号	事件	符号	事件	符号	事件
$T$	货运驾驶员失误引发道路交通事故	$A_{10}$	判断错误	$X_5$	知识与经验不足
$A_1$	驾驶员失误	$A_{11}$	操作错误	$X_6$	人机界面不合理
$A_2$	驾驶员失误没得到纠正	$A_{12}$	感知能力差	$X_7$	环境影响
$A_3$	违章	$A_{13}$	动作不准确	$X_8$	车速快
$A_4$	错误	$A_{14}$	措施不当	$X_9$	饮酒
$A_5$	没发现或意识到失误	$A_{15}$	反应迟钝	$X_{10}$	疲劳
$A_6$	失误来不及纠正	$X_1$	疏忽大意	$X_{11}$	药物与疾病
$A_7$	明知故犯	$X_2$	规则不适宜	$X_{12}$	视、听能力差
$A_8$	规则错用	$X_3$	心理素质差	$X_{13}$	技术技能低
$A_9$	感知错误	$X_4$	惊慌、紧张	$X_{14}$	反应能力差

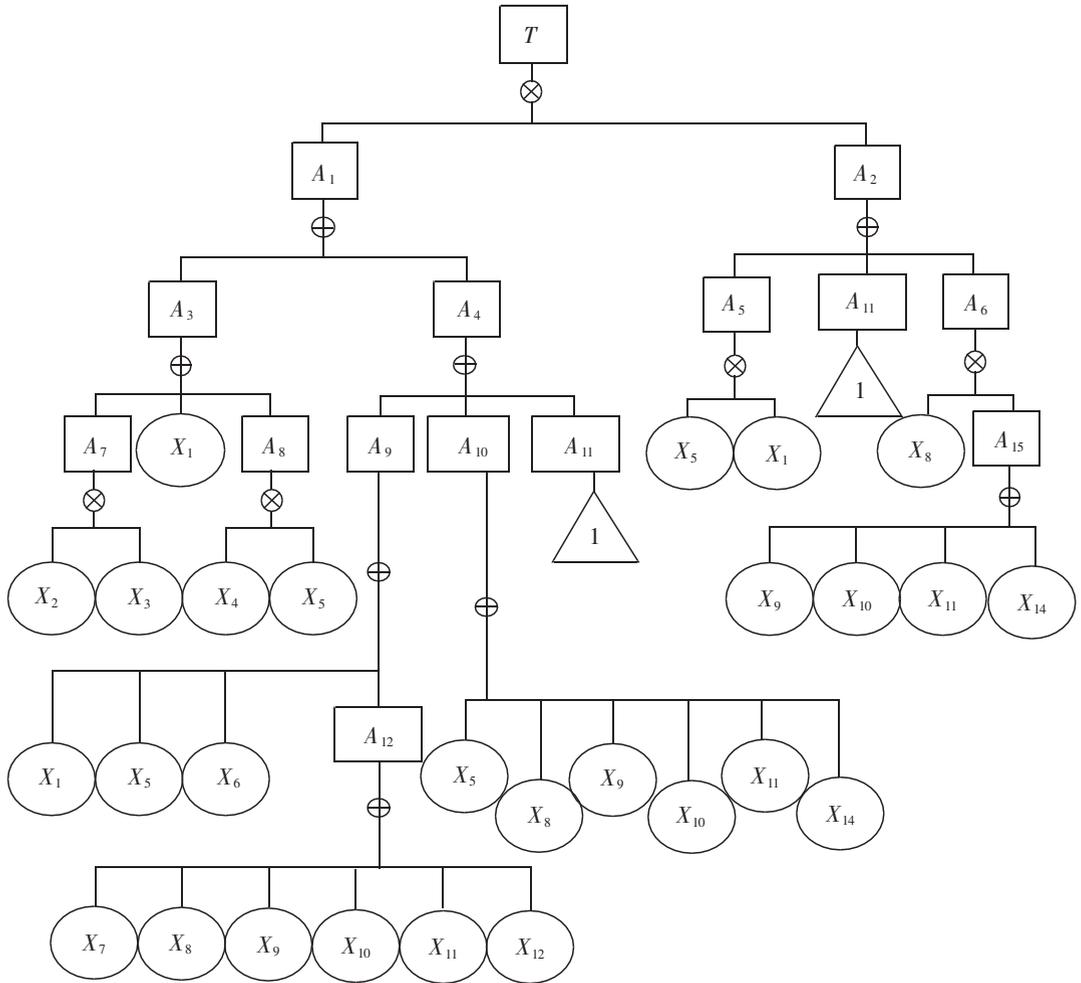


图 1 货运驾驶员失误引发道路交通事故的事故树  
Fig.1 Fault tree of truck drivers' faults in road traffic accidents

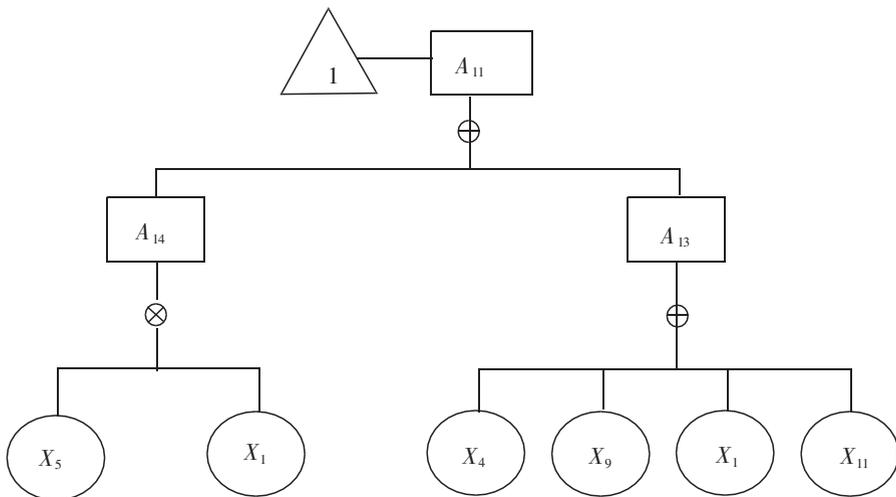


图 2 货运驾驶员操作错误的事故树  
Fig.2 Fault tree of truck drivers' faults in operation

### 3 事故树的定性分析

#### 3.1 基本分析

1) 事故树从顶端事件向下依次有很多层次,中间事件本身是非独立的因素,受若干其它原因事件的影响,因此,控制和预防顶端事件的发生,必须从基本事件入手采取相应措施。距离事故树顶端事件越近层上的事件,其危险性越大。可见,“车速快”、“疏忽大意”、“知识与经验不足”危险性大,是我们应该重点控制的基本事件。

2) 由于与“与门”相连的事件必须同时发生才能有输出,也才能起到控制事故的作用。而“或门”是一个通道,危险性大,与“或门”相连的任一事件只要发生,上一层的事件就会发生。显而易见,货运驾驶员行为失误引发道路交通事故的事故树中“或门”很多,故危险性很大。

3) 当顶端事件以“或门”与若干个中间事件连接时,任一中间事件发生,都会导致顶端事件的发生。“操作错误”是货运驾驶员行为失误引发道路交通事故的事故树中出现频率高的中间事件,应引起特别注意。

4) 事故树中,最小割集用于表征系统的危险程度,每个最小割集都是顶端事件发生的一种可能途径,当这些最小割集中的任何一个发生时,顶端事件就必然发生,最小割集的数目越多,危险性越大。根据最小割集最多个数判别法,货运驾驶员行为失误引发道路交通事故的事故树最小割集上百个,因此危险性很大。

#### 3.2 最小径集分析

由于货运驾驶员行为失误引发道路交通事故的事故树最小割集上百个,从最小径集入手分析相对比较简单。只不过此时需要将事故树变为对偶的成功树,即将事故树的所有“与门”变“或门”,“或门”变“与门”,为方便起见,在下文的逻辑表达式中依旧保留图1,图2中原有符号,由成功树(略)分别列出结构逻辑函数表达式并利用布尔代数化简法加以简化、吸收,从而有

$$\begin{aligned} A_{11} &= A_{14} A_{13} = (X_5 + X_{13}) X_4 X_9 X_{10} X_{11} = X_4 X_5 X_9 X_{10} X_{11} + X_4 X_9 X_{10} X_{11} X_{13} \\ T &= A_1 + A_2 = A_3 A_4 + A_5 A_{11} = X_1 A_7 A_8 A_9 A_{10} A_{11} + (X_1 + X_5)(X_8 + A_{16}) A_{11} \\ &= X_1 (X_2 + X_3)(X_4 + X_5) A_9 A_{10} A_{11} + (X_1 + X_5)(X_8 + A_{16}) A_{11} \\ &= X_1 X_2 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10} X_{11} X_{12} X_{14} + X_1 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10} X_{11} X_{12} X_{14} \\ &\quad + X_4 X_5 X_8 X_9 X_{10} X_{11} + X_4 X_5 X_9 X_{10} X_{11} X_{14} + X_1 X_4 X_9 X_{10} X_{11} X_{13} X_{14} \end{aligned}$$

故最小径集为

$$\begin{aligned} P_1 &= \{X_1 X_2 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10} X_{11} X_{12} X_{14}\} \\ P_2 &= \{X_1 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10} X_{11} X_{12} X_{14}\} \\ P_3 &= \{X_4 X_5 X_8 X_9 X_{10} X_{11}\} \\ P_4 &= \{X_4 X_5 X_9 X_{10} X_{11} X_{14}\} \\ P_5 &= \{X_1 X_4 X_9 X_{10} X_{11} X_{13} X_{14}\} \end{aligned}$$

事故树中只有5个最小径集,可见,本系统安全性较差,控制事故发生途径较少,只有5种可能方案。

#### 3.3 结构重要度分析

事故树的结构重要度分析就是在不考虑各基本事件发生概率的前提下,从事故树的层次结构入手分析各基本事件对引发顶上事件的影响程度<sup>[1]</sup>,事故树的结构重要度分析只需确定各基本事件的结构重要顺序。

1) 确定五个最小径集的阶数  $r_j (j=1\sim 5)$

$$r_{p1}=r_{p2}=12; r_{p3}=r_{p4}=6; r_{p5}=7$$

2) 求出各基本事件的出现次数  $b_i (i=1\sim 14)$ , 并确定最大出现次数

$$b_1=b_8=3; b_2=b_3=b_{13}=1; b_4=b_9=b_{10}=b_{11}=5; b_6=b_7=b_{12}=2; b_5=b_{14}=4$$

显然,最大出现次数为5。

3) 比较最小径集的阶数和各基本事件的出现次数,得各基本事件  $X_1\sim X_{14}$  的结构重要度关系如下

$$I(4)=I(9)=I(10)=I(11)>I(5)>I(14)>I(8)>I(1)>I(13)>I(6)=I(7)=I(12)>I(2)=I(3)$$

事故树的结构重要度分析显示,基本事件  $X_4, X_9, X_{10}, X_{11}$  对货运驾驶员失误影响最大;其次是,  $X_5, X_{14}, X_8$ 。

### 4 事故树的定量分析

为了更准确地了解驾驶员失误的危害程度,从根本上揭示失误的本质,就需要对驾驶员失误进行定量分析,这种定量分析是建立在实际抽样调查的基础上。但抽样调查不可避免地存在随机偶然因素。尤其是当数据分散性较大时,必然会有较大的误差。这就需要对调查数据进行统计处理。

对 12 家企业基本事件的千车发生次数的电话调查结果见表 4(以  $X_9$  为例,其余类同)。

表 4  $X_9$  的调查结果  
Tab.4 Investigation results of  $X_9$

企业编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
事故次数	21	33	18	19	17	21	27	15	30	18	9	30

#### 4.1 基本事件统计分布形式的确定

由于条件所限,给实施大样本调查带来了困难,利用检验法对  $X_9$  千车发生次数作统计分布函数的拟合性检验。 $W$  检验是由样本的顺序统计量构成检验统计量  $W$ ,其优点是对较小的样本也能判断总体是否服从正态分布。

$$W = \frac{L^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \tag{1}$$

$$L = \sum_{k=1}^l a_k (x_{n+1-k} - x_k) \tag{2}$$

式中: $l = \frac{n}{2}$ ,  $n$  为偶数; $l = \frac{n-1}{2}$ ,  $n$  为奇数。

希望通过它来检验假设

$$H_0 : F_0(x) = F_n(x), \quad H_1 : F_0(x) \neq F_n(x) \tag{3}$$

其中: $F_0(x)$ 为某个已知的分布,由  $x_1, x_2, \dots, x_n$  可以构造经验分布函数  $F_n(x)$ 。

在给定的显著水平  $\alpha$  下,若  $W_k < W \leq 1$ ,则接受原假设  $H_0$ ;若  $W \leq W_k$ ,则否定  $H_0$ ,而接受  $H_1$ 。其中  $a_k$  为系数、 $W_k$  为统计量。假设  $X_9$  的千车发生次数服从正态分布,将数据排序并按表 5 进行计算。

表 5  $X_9$  千车发生次数的检验  
Tab.5 Test of  $X_9$

$k$	$X_{(k)}$	$X_{(n+1-k)}$	$X_{(n+1-k)} - X_{(k)}$	$a_{(k)}$	$a_{(k)}[X_{(n+1-k)} - X_{(k)}]$
1	9	33	24	0.547 5	13.140 0
2	15	30	15	0.332 5	4.987 5
3	17	30	13	0.234 7	3.051 1
4	18	27	9	0.158 6	1.427 4
5	18	21	3	0.092 2	0.277 6
6	19	21	2	0.030 3	0.060 6

故  $L = \sum_{k=1}^l a_k (x_{n+1-k} - x_k) = 22.944 2$ 。

又  $\bar{x}=(9+15+17+18+18+19+33+30+30+27+21+21)/12=21.5$

$$W=\frac{L^2}{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2}=0.945 1$$

查相关资料<sup>[12]</sup>,当  $n=12$  时,  $W_{0.05}=0.859$ ,显然,  $W_{0.05}=0.859 < W=0.945 1 < 1$ ,用正态分布拟合  $X_9$  的概率分布函数通过了  $W$  检验。故,基本事件  $X_9$  千车发生次数服从正态分布。同样,对其它基本事件做统计分布函数的正态拟合性检验。

#### 4.2 事故树顶上事件发生概率

由于基本事件的千车发生次数服从正态分布,故可利用 12 家企业的调查结果的平均值代替各基本事件总体分布的均值。根据调查并进行统计处理,得到各基本事件的发生概率如表 6 所示。

表 6 基本事件发生概率  
Tab.6 Probability of basic events

符号	基本事件	$q$	$1-q$
$X_1$	疏忽大意	$11 \times 10^{-2}$	$89 \times 10^{-2}$
$X_2$	规则不适宜	$2 \times 10^{-3}$	$998 \times 10^{-3}$
$X_3$	心理素质差	$7 \times 10^{-2}$	$93 \times 10^{-2}$
$X_4$	惊慌、紧张	$2.5 \times 10^{-3}$	$997.5 \times 10^{-3}$
$X_5$	知识与经验不足	$8 \times 10^{-2}$	$92 \times 10^{-2}$
$X_6$	人机界面	$4 \times 10^{-4}$	$9996 \times 10^{-4}$
$X_7$	环境	$6 \times 10^{-3}$	$994 \times 10^{-3}$
$X_8$	车速快	$16 \times 10^{-2}$	$84 \times 10^{-2}$
$X_9$	饮酒	$21.5 \times 10^{-3}$	$978.5 \times 10^{-3}$
$X_{10}$	疲劳	$19 \times 10^{-2}$	$81 \times 10^{-2}$
$X_{11}$	药物与疾病影响	$1 \times 10^{-3}$	$999 \times 10^{-3}$
$X_{12}$	视听觉	$3 \times 10^{-3}$	$997 \times 10^{-3}$
$X_{13}$	技术技能低	$3 \times 10^{-2}$	$97 \times 10^{-2}$
$X_{14}$	反应能力差	$6 \times 10^{-3}$	$994 \times 10^{-3}$

由于各最小径集彼此有重复事件,可用式(4)精确计算顶上事件发生概率,但显而易见,精确求出顶上事件发生概率是非常困难的,但可用式(5)近似计算

$$g=1-\sum_{r=1}^p \prod_{x_i \in p_r} (1-q_i) + \sum_{1 \leq r < s \leq p} \prod_{x_i \in p_r \cup p_s} (1-q_i) + (-1)^p \prod_{\substack{r=1 \\ x_i \in p_r}}^p (1-q_i) \quad (4)$$

$$g \approx \prod_{r=1}^p \prod_{x_i \in p_r} q_i = 8.18 \times 10^{-3} \quad (5)$$

其中: $p$  为最小径集的个数; $q_i$  为基本事件发生的概率。

假设  $X_1, X_4, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$  的发生概率降低 50%,则  $g \approx \prod_{r=1}^p \prod_{x_i \in p_r} q_i = 8.6 \times 10^{-4} \approx \frac{g}{10}$ 。

## 5 总结

1) 货运驾驶员行为失误引发道路交通事故的事故树中“或门”很多,同时,事故树最小割集数也很多,

因此货运驾驶员失误及其由此引发的交通事故极易发生,而且危险性很大。“操作错误”是事故树中出现频率高的中间事件,应引起特别注意。

2) 货运驾驶员行为失误引发道路交通事故的事故树中只有5个最小径集,系统安全性较差,控制事故发生途径较少,只有五种可能方案。而 $P_1, P_2$ 各包含14个基本事件中的12个,从实际情况看,由此入手预防事故实施难度较大。因此,可供采纳的途径只有 $P_3, P_4, P_5$ ,它们包含6~7个基本事件,选择这3个途径制定控制措施,一般来说是比较合理的。其中又以 $P_3$ 最为有效,因为不但包含基本事件少,而且 $X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$ 都可以通过控制得到解决, $X_4, X_5$ 又可以通过学习、培训加以纠正。

3) 结构重要度分析表明:惊慌紧张、饮酒、疲劳、药物与疾病对货运驾驶员失误影响最大;其次是:知识与经验不足、反应能力差、车速快。定量分析也表明:假如,驾驶员仅对于一些可自控事件( $X_1, X_4, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$ )进行控制,使其发生概率降低50%,此时由货运驾驶员失误引发道路交通事故的概率将降为原来的十分之一。

## 6 对策

驾驶员失误的原因是多方面的,既包括驾驶员自身的生理与心理因素,还包括道路、车辆以及交通环境等因素,而且在多数情况下是多种原因的复合结果。

1) 重视道路行驶条件对驾驶员失误的影响。事实上,每一次交通事故都是由于人、车辆、道路、环境组成的交通系统的相互协调关系受到破坏所产生的<sup>[13]</sup>。我们在调查中发现:在车速过高、疏忽、知识与经验不足、惊慌紧张等驾驶失误造成的交通事故中有相当一部分伴随困难的行驶条件,而困难的行驶条件则与道路的规划设计有关,车辆在不良的道路条件下行驶时,只要驾驶员注意力稍有放松,就会引发交通事故。货运车辆不但重量与体积较大,而且驾驶室位置也比较高,因此,道路的宽度、坡度、弯道半径等对其安全性影响很大<sup>[14]</sup>。另外,我国道路组成不合理,各种交通流复杂,人车混行、机非混行问题严重;道路级配也不科学,不仅路网密度不足,而且交通流不均衡,个别道路交通超负荷过大;所有这些都易形成事故隐患。进行道路规划设计时,要扩大道路的“安全空间”,使道路的规划设计更加符合安全行车的要求:即便驾驶员发生失误,道路也能减缓或消除危险。

2) 改进企业驾驶员选拔与培训的内容与方式。调查表明,驾驶疲劳引发的交通事故在货运企业比较突出。与其它驾驶员相比,货运驾驶员具有特殊的工作特点:工作时间长、负荷大,经常连续昼夜驾驶,身体容易疲劳;而且长途运输中,沿途道路及各种环境的变化会导致恐惧和孤独感的产生,从而引起心理疲劳。无论是身体的还是心理的疲劳都会影响反应能力,引起反应迟钝,判断力下降。因此,企业应选拔那些体质与心理素质良好的驾驶员,他们具有良好的抗疲劳能力。同时,应依据驾驶员的生理及心理特征,合理安排驾驶员的工作时间、运输路途和轮班次数,避免超负荷工作。

另外,由于货运车辆在重量及体积上的绝对优势,使得货运驾驶员在心理上有一种优越感、无畏感,当与其他车辆发生摩擦和不愉快时较易表现出急躁、愤怒和攻击性驾驶行为<sup>[15]</sup>。另外,货运车辆多在夜间或空旷路段行驶,避开了交通监管,从心理学的角度看,假如某个驾驶员屡屡采取冒险行为,既没发生交通事故,又没受到任何处罚时,那么驾驶员的侥幸心理会使其主观风险意识大大降低。

错误类失误往往比较隐蔽,短时间内很难被发现,并且由于认知上的“隧道效应”,错误类失误的纠正途径比较困难,因此是要重点加以防范的货运驾驶员失误类型。违反类失误是在常规或应急情景下,驾驶员为了“走捷径”,或者不得不采取“冒险”作法。错误及违反类失误都可通过教育与培训加以改进。运输企业应重视驾驶员培训内容和方法研究和改进,应增设心理学方面的课程,通过学习,使驾驶员能正确认识在驾驶过程中自己的心理活动特点,学会自我调节,及时消除紧张、急躁、侥幸等情绪。

3) 构建车辆安全行驶预警控制系统。驾驶员在驾驶车辆时,首先是通过其感官和车载仪器设备获取道路、车辆、环境等信息,然后将相关信息通过大脑的分析判断形成驾驶操作指令,最后大脑将这些指令形成命令,使动作器官实施相应的操作,从而控制车辆。这一过程迅速而连续。在实际行车过程中,由于各种原因

驾驶员可能无法获取足量、合适、及时的信息,或由于经验与知识所限不能对所获信息作出正确的分析和判断,而身临危险境地又得不到有效及时的提示与警告时,就容易发生事故。疏忽类失误主要是因为驾驶员丧失(或分散)注意力,因此需要构建车辆行驶超速预警、行驶稳定预警、安全跟驰预警、疲劳预警系统,或在车辆工效学上进行改进以便能够及时纠正和恢复驾驶员的注意力或已造成的失误。

### 参考文献:

- [1] 公安部. 2010 中华人民共和国道路交通事故统计年报[M]. 北京:人民交通出版社,2011.
- [2] ELENI PETRIDOU, MARIA MOUSTAKI. Human factors in the causation of road traffic crashes[J]. *European Journal of Epidemiology*, 2000, 16(9): 819-826.
- [3] Reason J T. Human Error [M]. New York: Cambridge University Press, 1990.
- [4] 谢晓莉,李平生,王书云. 道路交通环境中驾驶疲劳的生成模型研究[J]. *中国安全科学学报*, 2012, 22(1): 118-123.
- [5] TERJE ASSUM. Reduction of the blood alcohol concentration limit in Norway —Effects on knowledge, behavior and accidents[J]. *Accident Analysis and Prevention*, 2010(42): 1523-1530.
- [6] 李都厚,刘群,袁伟,等. 疲劳驾驶与交通事故关系[J]. *交通运输工程学报*, 2010, 10(2): 104-109.
- [7] JERRY L COOK, RANDALL M Jones. Texting and accessing the web while driving: Traffic citations and crashes among young adult drivers[J]. *Traffic Injury Prevention*, 2011, 12(6): 545-549.
- [8] 胡芳,胡玉麟,张华. 人力资源素质测评案例研究—汽车驾驶员的基本素质分析[J]. *山西交通科技*, 2000, (4): 48-51.
- [9] 巩利平. 道路交通事故中人的因素分析[J]. *吕梁教育学院学报*, 2006, 23(2): 11-13.
- [10] 于影霞. 基于驾驶员失误致因分析的货运企业驾驶员选择与培训[J]. *交通企业管理*, 2011, 26(2): 68-70.
- [11] 王云鹏,杨斯淇,李世武,等. 基于事故树法的危险货物运输安全监管体系[J]. *吉林大学学报:工学版*, 2010, 40(4): 976-980.
- [12] 庄楚强,吴亚森. 应用数理统计基础[M]. 广州:华南理工大学出版社,2002:4.
- [13] 刘运通. 道路交通安全指南[M]. 北京:人民交通出版社,2004:63-67.
- [14] 余卓平,肖振宇,冷搏,等. 分布式驱动电动汽车操纵稳定性控制评价体系[J]. *华东交通大学学报*, 2016, 33(5): 25-31.
- [15] 李艳春,于海辰. 大货车驾驶员交通心理与交通安全研究[J]. *中国安全科学学报*, 2006, 16(10): 15-19.

## Study on Truck Drivers' Fault Based on Fault Tree Analysis

Yu Yingxia<sup>1</sup>, Zeng Zhihuan<sup>1</sup>, Long Dan<sup>2</sup>

(1.School of Transportation & Logistics, East China Jiaotong University; 2.School of Science and Technology, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** The truck drivers in highway transportation were chosen as the study objects. Based on the investigation of four transportation enterprises and the existing research results, the accident tree model of the drivers' fault was established and analyzed. Finally, some suggestions for preventing drivers' fault were proposed. Research results show that road traffic accidents due to the truck drivers' faults happen easily with great hazards and few controllable approaches. It maintains that such factors as tension, alcohol, fatigue, medicine and disease often result in faults of the truck drivers.

**Key words:** truck driver; fault tree analysis; driving fault; road traffic accident