

中国道路交通事故风险可接受准则研究

金江凯, 杨家其, 陈思远

(武汉理工大学 交通学院, 湖北 武汉 430070)

摘要: 为提高道路交通安全管理水平, 通过制定道路交通事故风险可接受准则来提供量化的风险评判标准。文中阐述了风险可接受原则, 介绍了国内外其他领域的风险可接受研究现状; 采用国际上适用的标准, 基于 ALARP 原则提出了中国道路交通事故个体风险可接受准则; 根据中国 2007—2016 年交通事故死亡数据, 利用 FN 曲线制定中国道路交通事故社会风险可接受准则。

关键词: 公路交通; 交通事故; 风险可接受准则; 个体风险; 社会风险; 经济风险

中图分类号: U491.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)03-0044-03

近几年中国经济实力迅速提升, 交通需求不断增大, 促进了公路建设的发展, 但也伴随着各种各样的风险, 道路交通事故每年都会造成数万人死亡和十几亿元经济损失。风险可接受准则作为一种量化的风险管理标准, 在一定程度上可客观地判断行业风险, 制定交通事故风险可接受准则具有很大的现实意义。

目前, 英国、荷兰、美国、澳大利亚等国已制定了适用于大坝、油气管道、水库及核电站等的可接受风险标准。中国对于风险可接受的研究起步较晚, 尚志海通过对国外风险可接受标准的研究, 初步建立了中国风险可接受标准框架; 其他学者也提出了有关滑坡、隧道、油气管道、大坝、地下实验室建设、压力管道、煤矿等领域的风险可接受准则。但对交通事故领域还未提出全面的风险可接受准则。该文根据大量统计数据和国际标准, 利用 ALARP 原则、FN 曲线研究中国交通事故风险可接受准则, 为提高交通事故安全管理水平提供依据。

1 ALARP 原则介绍

ALARP(As Low As Reasonably Practicable)原则的含义是在合理可行的条件下尽可能降低风险。其最早起源于 1949 年 Edwards 与英国煤炭部的一场法律纠纷。2001 年, 英国健康与安全委员会(HSE)提出可容忍风险的概念, 建立了可容忍风险总框架, 并提出使用 ALARP 原则进行风险管理。

如图 1 所示, ALARP 准则通过可容忍风险标准水平线及可接受风险标准水平线将风险分成不容许区(Risk unacceptable, I 区)、最低合理可行区(ALARP 区, II 区)、可接受区(Risk acceptable, III 区)。

若风险经过评估确认处于 I 区, 则该风险不被接受, 需采取强制措施降低风险; 若风险处于 II 区, 则需根据实际情况尽量降低风险, 通过对风险降低措施进行成本、收益分析, 决定是否采取措施; 若风险处于 III 区, 则该风险允许存在, 但鉴于风险是客观存在及随时变化的, 需对其进行实时监控, 以防风险程度升高。

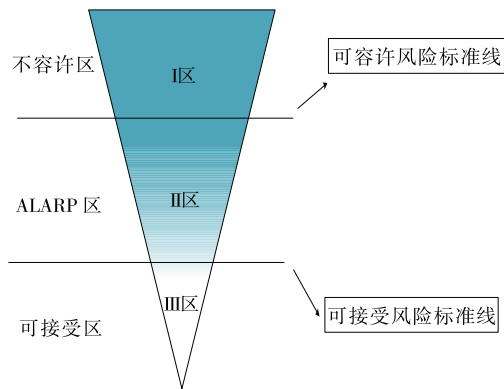


图 1 ALARP 原则的风险框架

2 中国交通事故个体风险可接受准则

2.1 个体风险的衡量办法及标准

个体风险(Individual Risk)是指在没有采取保护措施的情况下, 在某一固定位置长期生活或工作的人员遭受某种危害而死亡的概率。荷兰建设规划和环境部门(VROM)最早提出并使用个体风险来确定危险设施、运输路线及机场的风险, 计算公式见式(1), 并为人口密集区域的个体风险设置了每年的 IR 值小于 10^{-6} 的标准。

$$IR = P_f P_{d/f} \quad (1)$$

式中: P_f 为事故发生的可能性; $P_{d/f}$ 为假设不受保护

的个人由于某种风险而死亡的可能性。

荷兰水防护技术咨询委员会(TWA)则提出了每年的 IR 值小于 $\beta \cdot 10^{-4}$ 的标准。其中 β 为影响因素,其随参加活动的自愿程度及得到的好处而变化,一些活动的 β 取值见表 1。

表 1 荷兰 TAW 提出的个人可接受风险值

风险类型	调整系数 β	举例
主动	10	登山,患病
自我控制	1	驾车
缺少自我控制	0.1	飞行
不自愿	0.01	工作

2.2 个体风险可接受标准值计算

目前国际上均采用 ALARP 原则制定个体风险可接受准则。该文也以该原则作为研究框架,基于中国的交通事故死亡统计数据研究中国交通事故个体风险可接受准则。

根据 TWA 提出的标准及表 1 中参考值,取 β 为 1,得风险容许标准线为每年的 IR 值小于 10^{-4} 。

根据 ALARP 原则,在设定界限时将可接受风险标准线降低至容忍标准线的 1%,将两界限分别设定为 10^{-4} 和 10^{-6} 人/年(见图 2)。

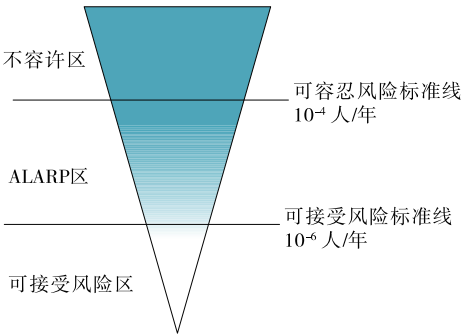


图 2 中国交通事故个体风险可接受准则

3 中国交通事故社会风险可接受准则

3.1 社会风险衡量办法及标准

社会风险(Societal Risk)是指某一特定群体中,事故发生概率与事故导致人员受伤或死亡人数之间的关系。可采用 FN 曲线法、致命事故率法(Fatal Accident Rate, FAR)、风险矩阵法、潜在生命丧失值法(Potential Loss of Life, PLL)、ALARP 原则、受伤和不健康值(Value of Injuries and Ill Health, VIIH)、设备安全成本(Implied Cost of Averting a Facility, ICAF)、社会效益优化法、数据统

计类比法等衡量社会风险。目前通常用 FN 曲线表示社会风险,其采用概率论的方法构建一条事故风险所容许发生概率的限制性曲线,描述死亡人数和死亡概率之间的函数关系,表达式如下:

$$1 - F_N(x) = P(N > x) = \int_x^\infty f_N(x) \quad (2)$$

式中: $F_N(x)$ 为每年死亡 x 人的概率分布函数,表示死亡 x 人的概率; $P(N > x)$ 为死亡人数超过 x 的概率; N 为死亡人数。

FN 曲线衡量标准也可用式(3)来描述, $n=1$ 时为中性型风险, $n=2$ 时为厌恶型风险。

$$1 - F_N(x) < \frac{C}{x^n} \quad (3)$$

式中: C 为决定限制线位置的常数; n 表示限制线的斜率。

3.2 社会风险可接受标准值计算

根据中国 2007—2016 年交通事故死亡人数和全国总人数等统计数据(见表 2)制定社会风险可接受准则。为研究交通事故死亡人数与全国总人数之间的关系,引入死亡率,其表达式见式(4)。2007—2016 年中国交通事故死亡率见图 3。

表 2 2007—2016 年中国总人数和交通事故死亡人数

年份	死亡人数/人	事件数/件	总人数/万人
2007	81 649	327 209	132 129
2008	73 484	265 204	132 802
2009	67 759	238 351	133 450
2010	65 225	219 521	134 091
2011	62 387	210 812	134 735
2012	59 997	204 196	135 404
2013	58 539	198 394	136 072
2014	58 523	196 812	136 782
2015	58 022	187 781	137 462
2016	63 093	212 846	138 271

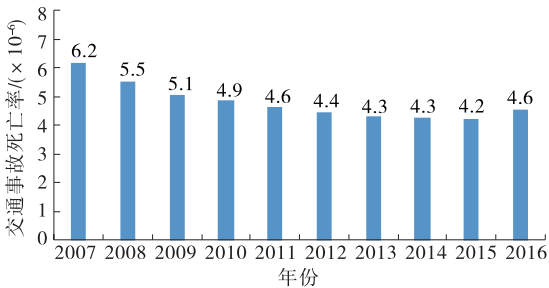


图 3 2007—2016 年中国交通事故死亡率

$$P_i = \frac{q_i}{Q_i} \quad (4)$$

式中: P_i 为第 i 年交通事故死亡率; q_i 为第 i 年交通事故死亡人数; Q_i 为第 i 年全国人口总数。

平均数包括众数、加权平均数、算术平均数及中位数等,其中中位数更能直接反映风险可接受水平的基准值。将图3中交通事故死亡率按大小进行排序,结果为 4.2×10^{-6} 、 4.3×10^{-6} 、 4.3×10^{-6} 、 4.4×10^{-6} 、 4.6×10^{-6} 、 4.6×10^{-6} 、 4.9×10^{-6} 、 5.1×10^{-6} 、 5.5×10^{-6} 、 6.2×10^{-6} ,得中位数为 4.6×10^{-6} 。

可容忍标准线一般为可接受标准线的1~2个数量级,该文取1个数量级,根据上文得出的中位数 4.6×10^{-6} ,推断出可接受标准线为 10^{-6} 、可容忍标准线为 10^{-5} 。

交通事故给社会带来严重影响及每年十几亿的经济损失,将交通事故风险定义为厌恶型风险,取 $n=2$,其表达式为:

$$1 - F_N(x) < \frac{C}{x^2} \quad (5)$$

得到可接受风险标准线为:

$$1 - F_N(x) < \frac{10^{-6}}{x^2} \quad (6)$$

可容忍风险标准线为:

$$1 - F_N(x) < \frac{10^{-5}}{x^2} \quad (7)$$

根据可接受风险标准线、可容忍风险标准线及ALARP原则,利用FN曲线确定的中国交通事故风险可接受准则见图4。

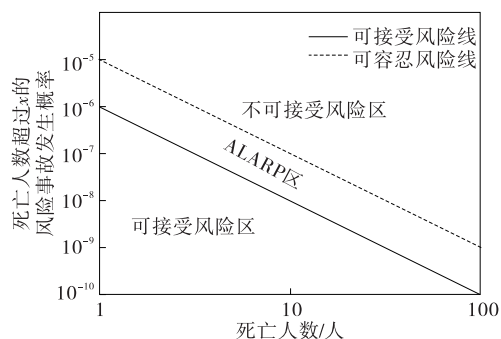


图4 中国交通事故社会风险可接受水平FN曲线

4 结语

该文参考目前国内外风险可接受准则的研究成果,利用ALARP原则、FN曲线制定中国交通事故个体风险可接受准则及社会风险可接受准则,将每年的计算结果同风险可接受准则进行对比,针对不同等级风险采取不同级别管理措施。对于处于风险

不容许区的风险采取强制措施降低其风险;对于处于ALARP区的风险,衡量其投入成本与预期收益,根据具体情况进行措施管理;对于处于风险可接受区的风险,不必实施管理措施,进行定期监管即可。

实际运用中,需根据更新的交通事故统计数据不定期地重新制定交通事故风险可接受准则,以提高其实用性与适用性,并制定相关法律法规加强对机动车的管理,同时完善道路基础设施建设,从源头上杜绝交通事故的发生,降低人员伤亡和财产损失。

参考文献:

- [1] Moseman J. New risk acceptance criteria for process safety[J]. Process Safety Progress, 2012, 31(1).
- [2] Bottelberghs P H. Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands[J]. Journal of Hazardous Materials, 2000, 71(1).
- [3] HSE. Reducing risks, protecting people: HSE's decision making process[J]. Process Safety and Environmental Protection, 2003, 81(1).
- [4] Ale B J M. Tolerable or acceptable: a comparison of risk regulation in the United Kingdom and in the Netherlands[J]. Risk Analysis, 2010, 25(2).
- [5] R Kauer, L Fabbri, R Giribone, et al. Risk acceptance criteria and regulatory aspects[J]. OMMI, 2002, 1(2).
- [6] Li S Y, Zhou X B, Wang Y J, et al. Study of risk acceptance criteria for dams[J]. Science China Technological Sciences, 2015, 58(7).
- [7] 尚志海, 刘希林. 国外可接受风险标准研究综述[J]. 世界地理研究, 2010, 19(3).
- [8] 李红英, 谭跃虎. 滑坡灾害风险可接受准则计算模型研究[J]. 地下空间与工程学报, 2013, 9(增刊2).
- [9] 周杨. 长大隧道工程建设期风险接受准则研究[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [10] 赵峰, 夏永旭, 常海兵. 中国公路隧道运营风险接受准则研究[J]. 中外公路, 2014, 34(6).
- [11] 李燕庭. 铁路建设工程风险分级标准研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.
- [12] 赵新伟, 张华, 罗金恒. 油气管道可接受风险准则研究[J]. 油气储运, 2016, 35(1).
- [13] 肖义, 郭生练, 熊立华. 大坝安全评价的可接受风险研究与评述[J]. 安全与环境学报, 2005, 5(3).
- [14] 全跃, 黄宏伟, 张东明. 高放废物处置地下实验室建设期风险接受准则[J]. 中国安全科学学报, 2017, 27(2).
- [15] 杨燕鹏, 罗云, 曾珠. 压力管道社会风险可接受准则研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(9).

续表 2

观测日期	各试验段照片				观测结果
	水泥漆	抗老化剂	永凝液	益盾涂料	
2016— 10—18					雨后,水泥漆抗污染能力较差,表面灰尘冲刷不干净;其他3种材料表面灰尘基本被冲刷,抗污染能力强
2016— 11—25					水泥漆粘结性能较差,局部有少量脱落,灰尘覆盖较多;其他3种材料抗污染能力强,局部有少量灰尘附着
2016— 12—20					水泥漆粘结性能较差,局部有脱落,灰尘覆盖较多;其他3种材料抗污染能力强,局部有灰尘附着

3 结论

- (1) 采用水泥漆涂装的砼护栏,耐久性差,与砼表面的粘结不牢,时间长了容易脱落,下部易冲刷掉,自洁能力差,不耐污染。
- (2) 采用水泥路桥抗老化剂涂装的砼护栏,耐久性、憎水性能好,自洁能力强。
- (3) 采用砼永凝液涂装的砼护栏,耐久性、憎水性一般,有一定自洁能力。
- (4) 采用益盾纳米自洁外墙涂料涂装的砼护栏,抗老化能力、自洁能力强,耐久性、憎水性能好。

参考文献:

[1] 杨佩佩,刘乙橙,黄兰华.路侧护栏优化与改善研究[J].

公路与汽运,2008(1).

[2] 李宏侠.波形梁钢护栏施工及高速公路护栏涂装[J].城市建设,2013(22).

[3] 鹿存才,陆东方,晁兵.锌基重防腐粉末复合涂层涂装工艺[J].现代涂料与涂装,2010(6).

[4] 刘平,姚学民.高速公路护栏长效防护涂料体系的研究[J].天津科技,2009(3).

[5] 陈红霞,王继辉.拉挤成型复合材料高速公路护栏的研究进展[A].第十六届玻璃钢/复合材料学术年会论文集[C].2005.

[6] 李甜,程杰.城市主干路交通安全设施设计探讨[J].公路与汽运,2017(5).

收稿日期:2018—12—17

(上接第 46 页)

[16] 张舒,李夏林,吴超.我国煤矿可接受风险标准研究[J].中国安全科学学报,2015,25(1).

for obtaining a rough but rapid indication of the societal risk from a major accident hazard installation[J]. Journal of Hazardous Materials,2002,92(3).

[17] Hirst I L,Carter D A.A "worst case" methodology

收稿日期:2018—09—26