

文章编号:1671-8879(2006)03-0084-03

公路建设项目水环境风险评价方法

杨云峰¹, 赵剑强²

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054)

摘 要:基于某高速公路环境风险评价实例,对高速公路水环境风险评价方法进行了探讨。认为目前在公路交通危险品运输对地表河流的风险评价中,采用的风险概率计算模型应增加交通事故中的泄漏概率项;危险品的泄漏速率计算采用非稳态孔口出流计算方法比稳态孔口出流计算方法更符合客观实际。采用卷积分模型成功预测计算了危险品泄漏后河流中污染物浓度的分布。

关键词:交通工程;公路建设项目;环境风险评价;风险概率;水环境

中图分类号:X820.4 文献标识码:A

Method of Water Environmental Risk Assessment on Highway Construction Project

YANG Yun-feng¹, ZHAO Jian-qiang²

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Based on a risk assessment on a highway construction project, the methods of risk assessment for danger goods transportation on highway are discussed. It is proposed that the risk probability model that has been used in surface water risk assessment for dangerous chemical transportation by highway should be added an item of leakage probability. For the calculation of leaking rate of dangerous chemical, the non-stable mouth discharge method is more reasonable than the stable mouth method. Rolling integral model is used successfully in predicting the distribution of pollutant concentrations along a river at different time after an accident of danger leakage. 1 tab, 1 fig, 6 refs.

Key words: traffic engineering; highway construction project; environmental risk assessment; risk probability; water environment

0 引 言

环境风险评价是指对有毒有害化学物质危害人体健康及环境质量的影响程度进行概率估计,提出减小环境风险的方案 and 对策。环境风险评价作为建设项目环境影响评价的主要内容之一越来越受到重视。对于公路建设项目而言,对环境(或健康)危害

最严重的重大事故,即最大可信事故,就是公路建成之后运营期间危险化学品运输在跨越地表河流等水体路段可能发生的重大交通事故。对最大可信事故的风险评价,目前通常采用的方法是计算运输危险品车辆在水域路段发生交通事故的概率,即风险度^[1],在此基础上对事故影响进行简要分析,提出防范、减缓和应急措施。随着 HJ/T169-2004《建设项

目环境风险评价技术导则》^[2]的发布,对建设项目环境风险评价提出了更深刻、详细的要求。因此,本文结合某高速公路环境评价的实例,对公路建设项目水环境风险评价中的几个问题进行分析探讨。

1 水环境风险概率计算方法

1.1 理论分析

通常认为交通事故的概率服从泊松分布

$$P\{X=k\}=\frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}, k=0,1,2,\cdots \quad (1)$$

则发生一次以上交通事故的概率可为

$$P\{k\geq 1\}=1-P\{k=0\}=1-e^{-\lambda}\approx\lambda \text{ (一般 }\lambda\ll 1\text{)} \quad (2)$$

式中: X 为随机变量即交通事故; P 为事故发生 k 次的概率; λ 是大于0的常数,为事故率。因此,公路建设项目水环境风险评价中,可用事故率近似代替风险概率。

1.2 常用方法及改进

目前,采用式(3)或与式(3)类似的模型计算运输危险品车辆在水域路段发生交通事故的概率

$$P=\prod_{i=1}^6 Q_i=Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5 Q_6 \quad (3)$$

式中: P 为预测年水域路段危险品事故概率(次/a); Q_1 为该地区年交通事故率现状值(次/($10^6\cdot\text{veh}\cdot\text{km}$)); Q_2 为预测年交通量(10^6 veh/a); Q_3 为高速公路对交通事故的降低率(%); Q_4 为货车占总交通量的比例(%); Q_5 为运输危险品车辆占货车比例(或运输货物中危险品所占比例)(%); Q_6 为水域路段长度(km)。

用式(3)计算出的是交通事故概率,按照文献^[2]的要求,需对风险值进行计算。风险值是风险评价的表征量,其定义为事故发生概率(P)与事故造成的环境(或健康)后果 C 的乘积,即

$$R(\text{危害/单位时间})=P(\text{事故数/单位时间})\times C(\text{危害/每次事故}) \quad (4)$$

式(3)中的事故概率应与式(4)中的危害程度(即每次事故的后果)相对应。对于公路危险品运输交通事故产生的危害,应是指事故引起危险品泄漏所造成的后果,即风险类型应为泄漏。所以,式(3)中还应考虑危险品运输交通事故的泄漏概率。表1是国外对交通事故中油罐车泄漏概率的统计结果^[3],鉴于中国目前尚无这方面的研究资料,故可将表1数据做为参考。

表 1 公路交通事故中的油罐车泄漏概率

泄漏量/kg	特定事故的漏油概率	
15~150	0.021	合计 0.064
150~1 500	0.011	
>1 500	0.032	

1.3 计算实例

某高速公路建设项目通过水域路段的长度为1.044 km,货车占总交通量的比例为60.7%,运输货物中危险品所占比例为7.1%,现状交通事故率为1.5次/($10^6\text{ veh}\cdot\text{km}$),高速公路对交通事故的降低率取为25%,交通事故中油罐车泄漏概率参考表1取0.064,计算该水域路段危险品泄漏事故概率= $1.5\text{ 次}/(10^6\text{ veh}\cdot\text{km})\times 25\%\times 60.7\%\times 7.1\%\times 0.064\times 1.044\text{ (km)}=1.08\times 10^{-3}\text{ (次}/10^6\cdot\text{veh})$ 。根据交通量预测,2010年交通量为 $3.32\times 10^6\text{ veh/a}$,则2010年水域路段危险品泄漏事故概率= $1.08\times 10^{-3}\text{ (次}/10^6\text{ veh})\times 3.32\times 10^6\text{ (veh/a)}=3.58\times 10^{-3}\text{ 次/a}$ 。此计算结果比不计入事故中油罐车泄漏概率时的计算结果($56\times 10^{-3}\text{ 次/a}$)要小得多。

2 油污染浓度预测计算

2.1 危险品泄漏量及泄漏速率估算

文献^[2]推荐泄漏速率计算按照贝努利方程进行。但是当事故发生后危险品开始泄漏时,容器内介质压力等于环境压力,导致泄漏的驱动力为裂口上部液位高度 h 。裂口上部液位高 h 是一变量,即液体的泄漏过程是一变水头孔口出流,开始时泄漏速率大,随 h 的降低,泄漏速率减小,直至停止。因此,在实际评价中采用了如下步骤:①类比确定泄漏量;②假定裂口面积及裂口上部初始液位高 h_0 ;③由非稳态孔口出流计算泄漏时间;④确定泄漏速度。

公路运输用油罐车类型繁多,容积多变,所以,参照表1国外统计资料。假设一次事故泄露量为2 000 kg,石油密度 ρ 取 $0.9\text{ (t/m}^3\text{)}$,泄漏体积 $V=2\,000/(1\,000\times 0.9)\text{ m}^3$ 。假定裂口面积 A 为 0.005 m^2 (如取裂口宽为1 cm,长为50 cm);裂口上部初始液位高度 h_0 为0.3 m。由非稳态孔口出流计算泄漏2 000 kg石油需时间 T 为

$$T=\frac{2V}{C_d A \sqrt{2gh_0}}=\frac{2}{0.6\times 0.005 \sqrt{2\times 9.8\times 0.3}}\times \frac{2000}{1000\times 0.9}=10\text{ min} \quad (5)$$

泄漏速度 Q_L 为

$$Q_{L_t} = C_d A \rho \left(\sqrt{2gh_0} - \frac{C_d A g h_0 t}{V} \right) =$$
$$0.6 \times 0.005 \times 0.9 \times 1000 \times$$
$$\left(\sqrt{2 \times 9.8 \times 0.3} - \frac{0.6 \times 0.005 \times 9.8 \times 0.3t}{1} \times \right.$$
$$\left. \frac{0.9 \times 1000}{2000} \right) = 2.7 \times (2.42 - 0.24t) \quad (6)$$

式中： C_d 为液体泄漏系数，取 0.6 ~ 0.64； t 为泄漏时间(min)， $0 \leq t \leq 10$ ； Q_{L_t} 为泄漏速率(kg/s)。

2.2 危险品污染浓度预测

文献[2]指出，“突发性事故泄漏形成的油膜(或油块)，在波浪的作用下也会破碎乳化溶于水中，可与事故排放含油废水一样，均按对流扩散方程计算。”由于事故引发的污染沿河流影响距离很长，忽略横向平流项及扩散项。本实例河流属于宽浅形河流，枯水期水流较浅，混合深度取与河深相同。计算事故在某一时段排放某种污染物在河流中的浓度分布[4] 为

$$C(x,t) = \int_0^t \frac{C_0 u}{\sqrt{4\pi M_x(t-t')}} e^{\frac{-(x-x_0)-u(t-t')^2}{4M_x(t-t')}} e^{-k(t-t')} dt' \quad (7)$$

式中： k 为难降解污染物，一般取 0.001~0.05[5]，这里考虑石油的蒸发、泥沙颗粒吸附沉降及生物降解，综合取 $k=0.01$ ； u 为河流流速，取 0.6(m/s)； M_x 为纵向扩散系数，按照 Elder 公式估算为 0.387(m²/s)。 C_0 为泄漏发生后污染物起始浓度(mg/L)。

鉴于事故的不确定性，以及事故危害的大尺度性，用完全混合模型确定，并忽略危险品排放体积及河水石油类浓度，可得初始条件

$$C_0(x_0,t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \text{ min} \\ 730(2.42 - 0.24) & 0 \leq t \leq 10 \text{ min} \\ 0 & t > 10 \text{ min} \end{cases}$$

采用 Matlab 软件求解卷积分式(7)，得出不同时间污染物在河流中的浓度分布(图 1)。

3 环境风险评价

环境风险评价的目的是确定什么样的风险是社会可接受的，环境风险评价是评价环境风险的概率及其后果可接受性的过程，因此，环境风险的可接受性可以从两个方面进行衡量：一是风险的概率；二是风险值[5-6]。

3.1 环境风险的概率评价

风险的概率标准包括补偿极限标准和人员伤亡风险标准。对于事故造成的物质损失，常用补偿极

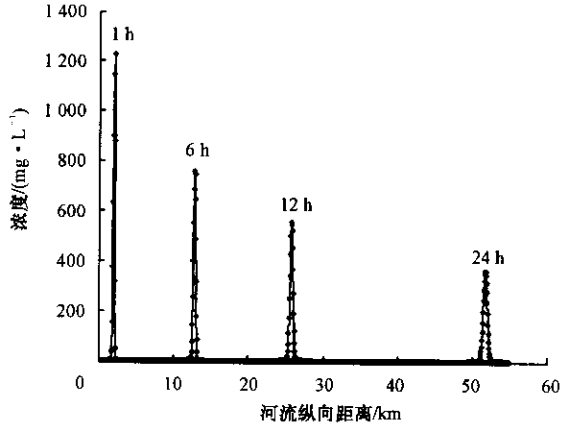


图 1 不同时间河流纵向污染物浓度的分布

限标准，即随着安全防护投资的增加，事故率会下降，但当达到一定水平时，增加投资对减小事故损失的作用极小，此时的风险度可作为可接受风险度，即评价标准。

对于事故造成的人员伤亡风险，按照陆雍森的观点，普通人受自然灾害的危害或从事某种职业造成伤亡的概率是客观存在的，是一般人能接受的。一年中有 1×10^{-6} 风险概率的行动，是一般人都可接受的风险，而 1×10^{-4} 风险概率的行动，是一般人不可接受的风险，这样的风险度可作为评价标准。

因此，将风险概率值与可接受风险度及不可接受风险度进行比较，可判断伤亡事故风险的可接受水平。本文前述实例如按本标准进行判断则属于不可接受风险。

3.2 风险值评价

风险值是风险评价的表征量，当风险概率超出可接受风险度时，应采用风险值进一步进行分析评价。由于风险值是事故概率与事故危害程度的乘积，对于公路运输危险品事故对地表河流水环境的风险危害而言，其涉及到对河流水质的污染、河流生态系统的破坏及沿途居民生活用水的安全等环境要素，难以精确量化或货币化，可采用定性分级的方法进行评价。按照生态系统损害和破坏的分级，可分为 4 级：①影响范围内的所有生命不可恢复性的破坏；②大片栖息地破坏，关键物种丧失；③暂时性损害，经过不长时间可恢复到事故前状态；④生态系统中少部分物种有轻微的、可恢复的破坏。对于本文前述实例，结合河流水质状况、河流水生生态系统现状、沿途是否存在集中式饮用水源保护区及泄漏污染物的浓度和迁移过程等具体情况，按本标准进行判断，则可归于级别③。

ZHAO You-ping, XU Ke-fang. A Study on the Calculation of the Friction Torque in a Drum Brake[J]. Automotive Engineering, 1996, 18(6): 360 - 364.

[3] 蒋京, 夏群生, 余志生. 盘式制动器重复制动温度计算[J]. 汽车工程, 1996, 18(3): 168 - 174.

JIANG Jing, XIA Qun-sheng, YU Zhi-sheng. Calculation of Disc Brake Temperature in Repeated Braking[J]. Automotive Engineering, 1996, 18(3): 168 - 174.

[4] 方明霞, 冯奇, 宋建培, 等. 制动鼓的有限元分析[J]. 上海汽车, 1999, 15(4): 4 - 8.

FANG Ming-xia, FENG Qi, SONG Jian-pei, et al. Finite Element Analysis of Brake[J]. Shanghai Automobile, 1999, 15(4): 4 - 8.

[5] 杨少伟, 石飞荣, 慕慧, 等. 运行车速预测中的汽车换挡[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(2): 34 - 36.

YANG Shao-wei, SHI Fei-rong, MU Hui, et al. Shifting Regulation of Predicting Vehicle Speed[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(2): 34 - 36.

[6] 石飞荣, 杨少伟, 赵永平, 等. 山区高速公路车辆上坡最大纵坡及坡长限制[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(5): 27 - 30.

SHI Fei-rong, YANG Shao-wei, ZHAO Yong-ping, et al. Maximum Longitudinal Slope and Its Length of Mountain-Expressway Vehicle's Driving up[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(2): 27 - 30.

[7] 张永林, 钟毅芳. 载重车道路多点随机激励输入的时空相关性建模研究[J]. 中国公路学报, 2004, 17(4): 105 - 108.

ZHANG Yong-lin, ZHONG Yi-fang. Frequency Domain Model and the Time Domain Model of Bilateral Track Excitation from Road Unevenness[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(4): 105 - 108.

=====

(上接 86 页)

4 结 语

(1)公路建设项目对地表水环境产生危害的最大可信事故,是公路运营期间危险品运输在跨越地表河流等水体路段可能发生的重大交通事故引起的危险品泄漏,目前采用的风险概率计算模型中应增加交通事故中的泄漏概率项。

(2)在危险品的泄漏过程计算中,采用类比确定泄漏量、由非稳态孔口出流计算泄漏时间、再确定泄漏速度的方法,比稳态孔口出流计算方法更符合客观实际。

(3)式(7)所示卷积分模型,可成功用于预测计算危险品泄漏后河流中污染物浓度的分布。

参考文献:

References:

[1] 陆雍森. 环境评价[M]. 第 2 版. 上海: 同济大学出版社, 1999.

LU Yong-sen. Environmental Assessment[M]. 2nd Edition. Shanghai: Tongji University Press, 1999.

[2] HJ/T169-2004. 建设项目环境风险评价技术导则[S].

HJ/T169-2004. Technical Guidelines for Environmental Risk Assessment on Projects[S].

[3] Lacey R F, Cole J A. Estimating Water Pollution Risks Arising from Road and Railway Accidents[J]. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 2003, 36(2): 367 - 368.

[4] 赵剑强. 公路交通与环境保护[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.

ZHAO Jian-qiang. Highway Traffic and Environmental Protection[M]. Beijing: People's Communications Press, 2002.

[5] 戈鼎哲. 环境影响评价指南: 上册[M]. 陕西杨陵: 天则出版社, 1990.

GE Ding-zhe. Guide for Environmental Assessment Impact: Part One[M]. Yangling Shaanxi: Tianze Press, 1990.

[6] 陈红, 梁立杰, 杨彩霞. 可持续发展的公路建设生态观[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(1): 69 - 71.

CHEN Hong, LIANG Li-jie, YANG Cai-xia. Ecological View of Sustainable Development Highway Construction[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(1): 69 - 71.