

陈郁,杨凤林,宋国宝,等. 2012. 化工企业突发大气环境风险评价标准的探讨[J]. 环境科学学报, 32(9): 2310-2318

Chen Y, Yang F L, Song G B, et al. 2012. Study on the inhalation standard of accidental environmental risk assessment in the chemical industry[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 32(9): 2310-2318

# 化工企业突发大气环境风险评价标准的探讨

陈郁, 杨凤林\*, 宋国宝, 刘振宇, 徐小宁

工业生态与环境工程教育部重点实验室 大连理工大学环境学院, 大连 116024

收稿日期: 2011-11-15 修回日期: 2011-12-15 录用日期: 2012-02-21

**摘要:** 为了有效评价突发性化工环境污染事件的环境影响程度, 急需建立科学有效的环境风险评价体系, 而科学合理的风险评价标准体系是进行准确环境风险评价的前提和基础. 本研究在对国内外风险评价标准体系研究分析的基础上, 指出国内现有风险标准体系的 LC<sub>50</sub> 和 IDLH 阈值用于短期急性接触空气浓度标准值不尽合理. 通过对比分析 AEGLs、ERPGs、TEELs、AETLs 等国际通用标准值的出台背景、意义及适用条件, 建议我国在化工行业突发性环境污染事件的环境风险评价过程中, 优先选用 AEGLs 作为评价标准, 其次选用 ERPGs 和 TEELs, 并以 LC<sub>50</sub> 及 IDLH 作适当补充. 文中以某化工园区为例进行了比较研究, 结果表明, 与现行的 LC<sub>50</sub> 和 IDLH 相比, AEGLs、ERPGs、TEELs 作为标准值能更有效反映有毒化学品突发泄漏对人体健康的影响程度, 可作为化工行业突发环境风险事件的评价标准.

**关键词:** 化工行业; 环境风险; 评价标准

文章编号: 0253-2468(2012)09-2310-09

中图分类号: X820.4

文献标识码: A

## Study on the inhalation standard of accidental environmental risk assessment in the chemical industry

CHEN Yu, YANG Fenglin\*, SONG Guobao, LIU Zhenyu, XU Xiaoning

Key Laboratory of Industrial Ecology and Environmental Engineering, School of Environmental Science and Technology, Dalian University of Technology, Dalian 116024

**Received** 15 November 2011;**received** in revised form 15 December 2011;**accepted** 21 February 2012

**Abstract:** In order to assess the environmental risk for accidental emissions from the chemical industry effectively, it is necessary to establish a reasonable criteria system for risk assessment. Currently IDLH and LC<sub>50</sub> thresholds criteria are used for assessing chemical accident in China. Compared with the criteria abroad, such as AEGLs, ERPGs, TEELs and AETLs, the existing criteria of IDLH and LC<sub>50</sub> thresholds are not very rational. It is suggested that the standard can be prioritized as follows: 1) AEGLs; 2) ERPGs; 3) TEELs; and 4) LC<sub>50</sub> and IDLH. A case study is carried out to compare the effects of these criteria. The result shows that AEGLs, ERPGs and TEELs are more reasonable than that of the existing criteria used in China to evaluate the impact of accidental events.

**Keywords:** chemical industry; environmental risk; assessment criteria

### 1 引言( Introduction)

我国从 1995 年开始建设化工园区, 2000 年后建设速度明显加快, 截止 2008 年, 我国省级以上人民政府批准建设的化工园区达 100 多处. 化学工业园区的建设有力地促进了化工行业的发展, 但是, 同时也应该看到, 化工行业生产工艺复杂, 涉及易燃、易爆、有毒等多种危险物质, 一旦危险物质泄漏、场所火灾爆炸等均会对环境、经济及社会的可

持续发展带来重大威胁. 2005 年 11 月中石油吉林化工双苯厂爆炸引发的“松花江水污染”事件之后, 国务院发布了《国家突发公共事件总体应急预案》, 进一步加大了环境风险管理力度. 但中国经济的飞速发展, 经济总量的快速提高, 环境风险意识的相对滞后使得我们正面临着更多的潜在风险因素. 据统计, 2010 年, 环境保护部接报突发环境事件 156 起, 其中重大和较大环境事件 46 起. 重大环境污染事件频发, 给环境安全和公众生命财产安全造成严

基金项目: 国家自然科学基金青年基金( No. 41001354)

Supported by the National Natural Science Foundation of China ( No. 41001354)

作者简介: 陈郁( 1975—), 女, E-mail: chenyu@dlut.edu.cn; \* 通讯作者( 责任作者), E-mail: yangfl@dlut.edu.cn

Biography: CHEN Yu( 1975—) female, E-mail: chenyu@dlut.edu.cn; \* Corresponding author, E-mail: yangfl@dlut.edu.cn

重影响,环境风险评价已经成为当前社会安全保障的迫切需要。

目前,我国化工行业突发性环境风险评价的研究主要集中在评价方法的选择与应用以及评价内容等方面,并且已经取得了一定的研究成果。林莉等(2008)、陈晓维(2009)分别对化工项目环境风险评价的一般评价方法进行了介绍。在评价方法的选择上,刘大银等(2001)运用工程分析、物料衡算、综合判断等评价方法对大型磷酸-磷铵企业的重点污染风险因子进行了筛选识别;卢仲达等(2007)根据层次分析法原理建立层次结构模型,对污染事故类型的重要性进行判断;杜喜臣等(2008)用事故树方法对贮存过程中液氨泄漏风险进行了源项分析。魏珣等(2007)及耿晓梅等(2007)对环境风险评价与管理进行了初步探讨,为环境管理提供了参考;贾倩等(2010)构建了石化企业突发环境风险综合评价指标体系、风险评价模型,提出了4级风险分级管理体系。袁业畅等(2005)、杨振宇(2009)通过对风险识别、事故源项等方面的分析,对化工行业建设项目环境风险评价的主要内容和工作方法等进行了初步探讨。李立伟等(2009)阐释了环境风险意识的重要性,从多个方面分析了当前风险评价存在的不足和应注意的问题。但关于突发性环境污染事件短期急性接触的空气浓度标准尚未开展细致研究,在针对突发性环境污染事件中所使用的风险评价标准已经与国际上普遍认可的标准不相适应,因此,很有必要结合国外风险评价研究进展进一步探讨我国化工行业突发性环境污染事件的短期急性接触空气浓度标准,从而客观准确地预测与评价环境风险事故影响程度,为管理者制定合理有效的风险防范措施提供可靠的科学依据。

## 2 化工企业突发环境风险评价标准 (Chemical industry accidental environmental risk assessment criteria)

### 2.1 国内标准

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T 169—2004)的规定,在进行突发性环境污染事件大气扩散评价时应预测有毒有害物质引起半致死或伤害(IDLH)的浓度分布。

其中半致死浓度标准是指外源化学物质经呼吸道与机体接触后产生的急性毒性作用,是使受试动物接触化学物质一定时间(2~4 h)后,并在一定观察期限内(一般为14 d)半数死亡的毒物浓度,用

$LC_{50}$ 表示,单位  $mg \cdot m^{-3}$  (惠秀娟,2003)。由于实验动物(大鼠或小鼠)及实验时间(2~4 h)的不一致,因此将  $LC_{50}$  作为有毒有害物质的评价标准,使得评价结果不具有良好的可比性。另外,将  $LC_{50}$  作为公众的半致死浓度标准没有大量的科学依据作为支撑。

IDLH(Immediately Dangerous to Life or Health)立即威胁生命与健康浓度是我国《呼吸防护用品的选择、使用与维护》中所规定的呼吸防护用品因故障等原因失效,高浓度的有害物构成生命威胁的浓度标准,具体指有害环境中空气污染物浓度达到某种危险水平,如可致命、可永久损害健康或可使人立即丧失逃生能力。一般以 ppm 为单位(百万之分数)。我国目前没有制订 IDLH 浓度,该标准中采纳了美国国家职业安全卫生研究所(NIOSH)研制定的浓度标准值(NIOSH,1994)。由于 IDLH 浓度是工作场所中判断选择防护用品的依据,是职业暴露限值,是保护工业场所的工作人员所制定的标准值,并不完全适用于突发性环境风险事故中有毒有害物质在短时间内大量泄漏产生的高浓度对周边环境敏感人群的影响程度的评价依据。另外,制定有毒化学物质浓度限值的目的是要保护公众的健康不受影响,针对可能发生的突发性环境污染事件制定应急预案,IDLH 值仅限于描述对人体造成死亡或永久损害及丧失逃生能力时的浓度限值,不能描述污染物质的预警浓度。

### 2.2 国外标准

国际上目前较为广泛使用的短期急性接触的空气浓度标准包括 AEGL(Acute Exposure Guideline Levels,急性暴露指导水平)、ERPG(Emergency Response Planning Guideline,应急响应计划指南)、TEEL(Temporary Emergency Exposure Limit,暂定应急暴露限值)、AETL(Acute Exposure Threshold Levels,急性暴露限值)等。

AEGLs 是美国国家咨询委员会(National Advisory Committee, NAC)与国家研究委员会(National Research Council, NRC)针对国家、地方政府以及个人企业处理包括泄漏、灾难性暴露等紧急情况所制定的急性暴露标准。其出台背景是由于1984年印度博帕尔异氰酸甲酯毒气事件,造成了约2万人直接致死,20多万人永久残废。该事件的发生引起了国际社会的广泛关注。1986年美国超级基金修正和再授权法案要求美国环保局、联邦紧急事务

管理局及交通部三部门合作协助当地的紧急计划委员会进行极其有害物质的识别,目的是提供健康风险评估指南以便制定极其有害物质生产、贮存、运输及使用场所的应急响应计划。由于国家毒理学研究委员会有为国防部和国家航空航天局(NASA)使用的许多化学物质以及军事人员和宇航员制定紧急暴露指导水平的经验,因此,在1991年美国环保局与美国公共健康服务毒物与疾病登记处要求国家毒理学研究委员会针对一般公众群体建立极其有害物质的评价标准与评价方法。于是1993年国家研究委员会出台了发展社区危险物质暴露水平指南。为了进一步发展有毒化学物质的急性暴露指导水平,使其适用于一生一次的空气中急性毒性化学物质的短期暴露对人体带来的风险,用以指导美国环保局制定化学应急计划,1995年美国成立了危险物质急性暴露指导水平国家研究委员会(the National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances)。该委员会制定的急性暴露指导水平也可用于其他联邦、州和地方机构以及私营部门用于制定其有害物质应急计划、预防与应对措施(NRC,2007)。至此,AEGLs在危险物质急性暴露指导水平国家咨询委员会的不断努力下得以不断完善。AEGLs是很少发生的、突发性的急性毒性数据,不能作为化学物质的亚慢性及慢性数据使用。AEGL适用于短时的、突发性事故中泄漏物质的伤害影响,不适用于某类化学物质的长期释放影响。

AEGLs适用于一般公众(包括婴儿和儿童和其他易受影响的人群)暴露在突发性污染事故中10 min至8 h的风险物质的浓度暴露限值。不适用于工作车间的风险物质的浓度暴露限值。根据影响程度的不同分为3个等级,每个等级包括5个暴露时间段(10 min、30 min、1 h、4 h及8 h)。其定义如下:AEGL-1是空气中风险物质的浓度标准(以ppm或 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 表示),超过该值一般人群,包括敏感的个人,表现为明显不适、愤怒、或某些症状,非感官效果。但是,这种影响并不是不能控制的,它是短暂的和可逆的短时暴露。AEGL-2是空气中风险物质的浓度标准(以ppm或 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 表示),超过该值一般人群,包括敏感的个人,表现为不可逆转的或其他严重的、长期持久的不良健康影响,或受损的逃生能力。AEGL-3是空气中风险物质的浓度标准(以ppm或 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 表示),超过该值一般民众,包括敏

感的个人,能造成生命健康的影响或死亡。空气中风险物质的浓度低于AEGL-1浓度标准表明在这种暴露水平下可能产生轻度的和进一步增加的气味、味道和感官刺激,或某些症状及非感官效果。当空气中风险物质的浓度逐步增加高于上述每种AEGL水平的浓度时,所对应的每种级别的风险后果发生的可能性及严重性也在逐步增加。虽然AEGL值代表了广大公众的阈值水平,其中包括敏感的亚群,但是人们也认识到,某些个人容易产生独特或特殊反应,在低于相应AEGLs浓度水平时也会产生浓度效应。

AEGLs值是基于严谨苛刻的程序方法获得的,主要包括4个基本阶段,即AEGL草案、AEGL推荐值、暂定AEGL值、最终AEGL值。AEGL草案阶段是先全面搜索公布的科学文献,然后从工业行业协会及私营部门尝试获取相关的未公布的数据。这些数据在经过1993年NAS指南及标准操作程序手册要求进行评估后,选定评估合格的数据作为AEGL值的基础数据及数据支持文件。将选定合格的数据作为AEGL推荐值在联邦公报进行为期30 d的公布,广泛征求公众意见,根据公众意见修正AEGL推荐值。该推荐值作为暂定AEGL值提交给NAS小组委员会进行复审,复审合格后作为最终的AEGL值由NAS正式发布。不合格的数据AEGL委员会根据NAS小组委员会给出的意见进行进一步的工作。每一个阶段的工作都是非常复杂的过程,科学而严谨。根据美国EPA/AEGL网站公布的信息,至2011年10月已有46类化学物质AEGL草案,12类化学物质AEGLs推荐值、194类化学物质暂定AEGLs值及75类化学物质最终AEGLs值(EPA,2011)。

ERPGs是美国工业卫生协会(American Industrial Hygiene Association, AIHA)应急响应计划委员会针对空气中有毒化学物质制定的应急响应规定。其出台背景也是由于印度博帕尔异毒气事件引起了国际社会的广泛关注,AIHA在1987年成立了应急响应计划指南(ERPG)委员会来制定社区危险物质的暴露指南(AIHA,2008)。该委员会在1994年更名为应急响应计划(ERP)委员会。ERPGs是空气浓度指导值及评估事故预防措施和应急响应计划实用性的工具,具体包括交通应急计划,社区应急计划和事故预防和缓解对策(AIHA,2010)。CAMEO Chemicals指出在没有AEGLs数据且毒性化学物质短期排放时为了保护公众的健康可以使

用 ERPG 值( NOAA 2008) . ERPGs 反映的是毒性物质暴露 1 h 对一般人体( 不包括老人、患者及儿童等易受影响的人群) 健康影响. ERPGs 仅适用于暴露 1 h 的影响数据, AIHA 强烈反对外推 ERPGs 值用于更长时间的暴露情况. ERPGs 不适用于工作场所的工人暴露限值, 也不适用于长期暴露于背景化学物质的公众暴露限值. 根据影响程度的不同 ERPGs 分为 3 个等级. ERPG-1 是人员暴露于有毒气体环境中约 1 h, 除了短暂的不良健康影响或嗅到明显的异味之外, 不会有其它不良影响的最大容许浓度. ERPG-2 是人员暴露于有毒气体环境中约 1 h, 而不致使身体造成不可恢复的伤害或者出现的健康影响或症状不会削弱该个体采取有效防护措施的能力的最大容许浓度. ERPG-3 是绝大多数人员暴露于有毒气体环境中约 1 h, 而不致对生命造成威胁的最大容许浓度. ERPG 数据值适用于大多数公众, 并不适用于所有人. 当暴露时间长于或短于 1 h 时, ERPG 委员会强烈反对将 ERPG 值延长外推使用. 由于 ERPG 不适用于工作场所的暴露情况, 因此该值未考虑安全系数. 有毒气体浓度值低于 ERPG-1 时, 大多数人会察觉到该化学物质且可能有短暂的温和的刺激感, 而当有毒气体浓度值低于 ERPG-3 时, 虽然不会危及生命, 但这种感觉会非常强烈. 根据美国 AIHA/ERPG 网站公布的信息, 至 2011 年已公布 142 类化学物质 ERPGs 值( AIHA 2011) .

TEELs 是美国能源部( Department of Energy, DOE) 依据专门的标准方法所确定的暂定应急暴露限值. 其背景是由于 AEGLs 与 ERPGs 需要经过复杂的实验与认定过程获得, 因此公布的确定毒性数据的化学物质的数量远不能与生产中使用的化学物质的数量相匹配, 为了能够对缺乏 AEGLs 及 ERPGs 数据的化学物质泄露突发事件的危害评估及后果评估, 美国能源部建议制定暂定应急暴露限值. 该值仅限于在没有 AEGLs 及 ERPGs 数据时使用的暂定值, 当获取 AEGLs 或 ERPGs 数据后, 只能使用 AEGLs 或 ERPGs 值. 美国能源部在 1992 年首次台出了 TEELs 值( DOC 2008) . TEELs 浓度适用于一般公众暴露于毒性化学物质在给定时间的健康影响限值. 该浓度限值未考虑敏感的公众群体, 比如老人、病人或非常年轻的人. 在 60 min 的暴露时间下, 可以使用 TEELs、AEGLs 及 ERPGs 值. 然而, 由于浓度会随时间而变化, 在其它时间段 TEEL 的开发者推荐使用 15 min 的时间加权平均浓度. 根

据健康影响的程度不同, TEEL 值划分为 4 个等级. TEEL-0 是阈值浓度, 暴露于低于该阈值的绝大多数人不会产生对健康有影响的风险. TEEL-1 是空气中风险物质的浓度标准, 暴露在低于该浓度的人群除出现短暂的健康影响或嗅到明显的异味之外, 不会有其它反应. TEEL-2 是空气中风险物质的浓度标准, 暴露在低于该浓度的人群不会出现不可恢复的或严重的健康影响或症状, 从而削弱他们采取防护措施的能力. TEEL-3 是空气中风险物质的浓度标准, 暴露于低于该浓度值的人群不会出现危及生命的健康影响. 由于 TEEL-0 是没有影响的阈值浓度限值, 因此在应急响应及规划的过程中通常不被考虑, 故 TEELs 也可以被看作是一个三层的标准( TEEL-1, TEEL-2, TEEL-3) . 该标准与 AEGLs 及 ERPGs 标准的三级分层原理相同. 根据美国 ORISE/TEEL 网站公布的信息, 至 2010 年已公布 3373 类化学物质 ERPGs 值( SCAPA 2010) .

AETLs 标准浓度值是欧盟 ACUTEX ( Acute Exposure project) 项目研究确定的欧洲有毒物质的急性暴露水平, 用于欧盟成员国的土地利用规划与应急规划( Trainor *et al.* 2006) . 该暴露水平划分为 3 个等级, 其中第 3 个等级又分为死亡与非死亡两个等级. AETL-1 是空气中风险物质的浓度标准, 暴露在低于该浓度的人群除受到温和且可逆的影响之外, 不会有其它反应. AETL-2 是空气中风险物质的浓度标准, 暴露在低于该浓度的大多数人不会受到不可逆的或严重的健康影响, 从而削弱他们采取防护措施的能力. AETL-3a 是空气中的风险物质的浓度, 暴露于该空气中一定百分率的公众会死亡. AETL-3b 是空气中的风险物质的浓度, 暴露在低于该浓度的公众不会出现生命危险.

另外还有欧洲化学品生态毒理学中心制定的应急暴露指标( EEI, Emergency Exposure Indices) 等( ECETOC 1991) .

### 2.3 主要评价标准的比较分析

各类风险评价标准值的比较见表 1.

从表 1 的比较情况可以看出, 相比于目前国际上较为广泛使用的标准值我国现行的  $LC_{50}$  标准值与 IDLH 标准值只有 1 级标准值, 控制范围较局限;  $LC_{50}$  标准值对人体的科学依据不充分, IDLHs 值的暴露时间过于短暂. 其它几类标准值都有 3 级标准, 有利于制定不同程度的应急对策. 但由于 AETLs 数据值没有公布数据, 无法借鉴参考. TEELs 作为暂定

应急暴露限值其科学依据不是很充分,可以作为没有 AEGLs 及 ERPGs 标准时的暂定标准使用. AEGLs 与 ERPGs 均有较充分的科学依据作支撑,但由于 ERPGs 的暴露时间段仅有 1 h 的时间段,暴露情景较少,且不适用于包括敏感人群在内的几乎所有人

群,因此对比分析建议优先选取 AEGLs 标准值,在没有 AEGLs 标准值时选取 ERPGs 标准值,AEGLs 与 ERPGs 标准值也没有时选取 TEEL 标准值,前 3 类标准值均没有时选取 IDLH 标准值和 LC<sub>50</sub> 标准值综合分析.

表 1 风险标准值的比较

Table 1 Comparison of the Standard of accidental environmental risk assessment

名称	使用国家	科学依据	适用条件	暴露时间	标准级别
LC <sub>50</sub>	中国	大鼠或小鼠实验数据	一般公众	2~4 h	1 级标准
IDLH	中国	实验及调查数据	暴露在能够或可能危害健康的空气环境中的工人	即刻	1 级标准
AEGLs	美国	实验及调查数据推导确定,专家评议	一般公众(包括婴儿、儿童和其他易受影响的人群)	10 min、30 min、1 h、4 h 及 8 h	3 级标准,扩散浓度高于每一级标准值会产生不同程度的健康影响
ERPGs	美国	实验及调查数据加权确定,专家评议	一般人体(不包括老人、患者及儿童等易受影响的人群)	1 h	3 级标准,扩散浓度低于每一级标准值不会产生相对应的健康影响
TEELs	美国	现有暴露限值或实验推导毒性数据	一般公众(不包括老人、患者及儿童等易受影响的人群)	15 min,公布数据为 15 min 加权平均值	4 级标准,扩散浓度低于每一级标准值不会产生相对应的健康影响
AETLs	欧盟	实验及调查数据推导确定	一般公众(包括婴儿、儿童和其他易受影响的人群)	10 min、30 min、1 h、2 h、4 h 及 8 h	3 级标准,扩散浓度低于每一级标准值不会产生相对应的健康影响,第 3 级标准中包含子标准

### 3 应用举例( Case study)

以某化工园区区域规划为例,规划共涉及到合成气化工、精细化工、石油化工等 12 个项目,涉及的典型风险物质主要为 3 类,石油化工企业的有毒化学品苯、海洋化工企业的有毒化学品氯及石油化工与合成气化中的有毒化学品甲醇. 主要风险事故考虑毒物的泄漏. 最大可信事故确定为危险物质储罐的阀门管线处产生 100% 的裂口,自该裂口处发生化学物质泄漏,事故发生 30 min 后企业通过事故应急处置终止泄漏. 泄漏液体的蒸发分为闪蒸蒸发、热量蒸发和质量蒸发 3 种,其蒸发总量为这 3 种蒸发之和. 结合该区域污染气象的分析资料,确定 D 稳定度(4.0 m·s<sup>-1</sup> 风速)和 F 稳定度(1.5 m·s<sup>-1</sup> 风速)作为本文采用的气象条件.

#### (1) 各风险物质评价标准

苯、氯及甲醇 3 种化学品的 AEGL、ERPG、TEEL、IDLH 值及半致死浓度值见表 2,其中 AEGL 值取值时间为 60 min.

表 2 各风险因子评价标准\*

Table 2 Environmental risk assessment criteria of the risk factors

评价标准	mg·m <sup>-3</sup>		
	苯	氯	甲醇
AEGL-1	166	1.45	694
AEGL-2	2550	5.80	2750
AEGL-3	12800	58.00	9430
ERPG-1	160	2.90	262
ERPG-2	480	8.80	1310
ERPG-3	3200	58.00	6545
TEEL-0	3	1.45	250
TEEL-1	166	1.45	694
TEEL-2	2550	5.80	2750
TEEL-3	12800	58.00	9430
IDLH	3000	88.00	19632
LC <sub>50</sub>	31900 (7 h, 大鼠)	850 (1 h, 大鼠)	83776 (4 h, 大鼠)

注: \* DOE 规定 TEEL 值仅限于在没有 AEGL 及 ERPG 数据时使用的暂定值,当获取 AEGL 或 ERPG 数据后,只能使用 AEGL 或 ERPG 值,故实例中三类物质的 TEEL 值与 AEGL 值相同

#### (2) 风险物质在大气中扩散影响分析

采用环境风险评价导则中推荐的多烟团模式对化工园区主要风险物质泄漏后气体扩散对环境空气的影响进行预测. 假设事故持续时间为 30 min,

预测结果见表 3 ~ 表 6.

表 3 苯的影响范围分布

Table 3 The impact distance of Benzene

气象条件	时间 /min	AEGL-1 浓度 出现距离 /m	AEGL-2 浓度 出现距离 /m	AEGL-3 浓度 出现距离 /m	ERPG-1 浓度 出现距离 /m	ERPG-2 浓度 出现距离 /m	ERPG-3 浓度 出现距离 /m	TEEL-0 浓度 出现距离 /m	IDLH 浓度 出现距离 /m	LC <sub>50</sub> 浓度 出现距离 /m
D 稳定度	20	139	23	-	142	71	23	1384	23	-
	30	139	23	-	142	71	23	1384	23	-
	31	-	-	-	-	-	-	1384	-	-
	35	-	-	-	-	-	-	1384	-	-
	38	-	-	-	-	-	-	1381	-	-
	39	-	-	-	-	-	-	1364	-	-
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F 稳定度	20	424	56	13.2	434	208	46	817	49	7
	30	424	56	13.2	434	208	46	817	49	7
	31	424	56	-	434	208	-	1234	48	-
	32	424	-	-	434	208	-	1271	-	-
	34	424	-	-	434	208	-	1346	-	-
	35	424	-	-	434	-	-	1384	-	-
	39	423	-	-	434	-	-	1532	-	-
	40	-	-	-	429	-	-	1569	-	-
	41	-	-	-	-	-	-	1605	-	-
	50	-	-	-	-	-	-	1935	-	-
	60	-	-	-	-	-	-	2296	-	-
	180	-	-	-	-	-	-	6069	-	-
	181	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4 甲醇的影响范围分布

Table 4 The impact distance of methanol

气象条件	时间 min	AEGL-1 浓度 出现距离 /m	AEGL-2 浓度 出现距离 /m	AEGL-3 浓度 出现距离 /m	ERPG-1 浓度 出现距离 /m	ERPG-2 浓度 出现距离 /m	ERPG-3 浓度 出现距离 /m	TEEL-0 浓度 出现距离 /m	IDLH 值 出现距离 /m	LC <sub>50</sub> 浓度 出现距离 /m
D 稳定度	20	110	40	21	216	67	22	223	-	-
	30	110	40	21	216	67	22	223	-	-
	31	-	-	-	216	-	-	223	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F 稳定度	20	344	105	26	664	206	40	672	13.2	-
	30	344	105	26	697	206	40	720	13.2	-
	31	344	105	-	697	206	-	720	-	-
	32	344	105	-	697	206	-	720	-	-
	33	344	-	-	697	206	-	720	-	-
	34	344	-	-	697	206	-	720	-	-
	35	344	-	-	697	-	-	720	-	-
	37	344	-	-	697	-	-	720	-	-
	38	-	-	-	697	-	-	720	-	-
	40	-	-	-	697	-	-	720	-	-
	46	-	-	-	692	-	-	719	-	-
	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 5 氯的环境影响范围分布  
Table 5 The impact distance of methanol chlorine

气象条件	时间 /min	AEGL-1 浓度 出现距离 /m	AEGL-2 浓度 出现距离 /m	AEGL-3 浓度 出现距离 /m	ERPG-1 浓度 出现距离 /m	ERPG-2 浓度 出现距离 /m	ERPG-3 浓度 出现距离 /m	TEEL-0 浓度 出现距离 /m	IDLH 浓度 出现距离 /m	LC <sub>50</sub> 浓度 出现距离 /m
D 稳定度	20	3131	-	-	2934	-	-	3131	-	-
	25	3697	-	-	3307	-	-	3697	-	-
	26	3800	-	-	-	-	-	3800	-	-
	30	4160	-	-	-	-	-	4160	-	-
	31	4226	-	-	-	-	-	4226	-	-
	32	4268	-	-	-	-	-	4268	-	-
	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F 稳定度	20	1142	1108	1045	1125	1097	1045	1142	1032	929
	21	1195	1159	1093	1177	1148	1093	1195	1079	960
	22	1248	1210	1141	1229	1141	1141	1247	1126	-
	30	1663	1613	1514	1639	1597	1514	1663	1492	-
	40	2173	2105	1964	2140	2083	1964	2173	1929	-
	50	2674	2588	2395	2633	2560	2395	2674	2335	-
	56	2972	2874	2641	2925	2842	2641	2972	2521	-
	57	3021	2922	2681	2973	2888	2681	3021	-	-
	60	3169	3064	2797	3118	3028	2797	3169	-	-
	66	3463	3346	2998	3407	3305	2998	3463	-	-
	67	3512	3392	-	3455	3351	-	3512	-	-
	70	3658	3532	-	3598	3488	-	3658	-	-
	170	8329	7798	-	8128	-	-	8329	-	-
	177	8644	7985	-	8427	-	-	8644	-	-
	178	8688	-	-	8649	-	-	8668	-	-
	320	14579	-	-	-	-	-	14579	-	-
	327	14726	-	-	-	-	-	14726	-	-
328	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

预测结果表明:

(1) 苯储罐发生泄漏时, D 稳定度条件下没有出现 AEGL-3 浓度和半致死浓度值, AEGL-2 浓度值与 IDLH 浓度值均出现在装置区附近, AEGL-1 浓度值与 ERPG-1 浓度值出现在下风向 139 m 及 142 m 范围内, 区域面积基本相同, 持续时间  $\leq 30$  min. F 稳定度条件下出现了 AEGL-3 浓度和半致死浓度值, 出现距离分别为下风向 13 m 与 7 m 范围内, 持续时间  $\leq 30$  min. AEGL-1 浓度值与 ERPG-1 浓度值出现较远, 出现在下风向 424 m 及 434 范围内, 持续时间  $\leq 40$  min.

(2) 甲醇储罐发生泄漏后, D 稳定度条件下没有出现半致死浓度值与 IDLH 浓度值区域, 但在装置下风向 21 m 范围内出现 AEGL-3 浓度值区域, 即

出现造成生命健康影响或死亡的浓度区域, 持续时间  $\leq 30$  min. AEGL-1 浓度值出现在下风向 110 m 范围内, ERPG-1 浓度值区域出现在下风向 216 m, 是 AEGL-1 浓度区域的一倍远. F 稳定度条件下, 没有出现半致死浓度区域, AEGL-3 浓度区域为下风向 26 m. IDLH 浓度值区域出现在下风向 13 m 处. AEGL-1 浓度, 出现在下风向 344 m 范围内, 持续时间  $\leq 37$  min, ERPG-1 浓度出现在下风向 697 m 范围内, 持续时间  $\leq 46$  min.

(3) 液氯储罐发生泄漏后, D 稳定度条件下出现 AEGL-1 浓度值与 ERPG-1 浓度值, 分别出现在下风向 4268 m 和 3307 m 范围内, 未出现不可逆转的或严重的长期持久的不良健康影响浓度值及致死浓度值区域. F 稳定度条件下, 出现半致死浓度值

区域,在下风各 960 m 范围内,持续时间 $\leq 21$  min,造成生命健康影响或死亡的 AEGL-3 浓度值出现范围为装置下风向 2998 m 范围内,持续时间 $\leq 66$  min. 不可逆转的或严重不良健康影响的 AEGL-2 浓度出现区域为下风向 7985 m 范围内,持续时间 $\leq 177$  min. AEGL-1 的浓度值出现范围为装置下风向 14726 m 范围内,持续时间 $\leq 327$  min.

#### 4 结论与建议(Conclusions and suggestions)

由以上分析结果可以看出,在考虑风险评价现行标准半致死浓度标准与 IDLH 浓度标准时,甲醇泄漏时 D 稳定度条件下并无 IDLH 浓度值超标区域,但在装置下风向 40m 范围内已出现 AEGL-2 浓度值区域,在该区域内的人员会出现不可逆转的或严重的长期持久的不良健康影响. 出现差别的主要原因是 IDLH 浓度值是针对工作场所中判断选择防护用品的依据,不是针对大多数公众而言的. 液氯储罐泄漏时 F 稳定度条件下,半致死浓度区域在装置下风向 960 m 范围内,表明在此范围内有可能会出现半数人员死亡的情况,而出现 AEGL-3 的浓度范围是下风向 2998 m 范围内,表明在此范围内人员会出现生命健康影响或死亡. 同样是死亡范围,但两个标准确定的范围确相差很大,主要原因是  $LC_{50}$  值用作人体的半致死浓度标准并没有大量的科学依据和专家论证作为支撑,与风险化学物质作用于人体的实际影响有出入.

因此,风险评价中使用的半致死浓度标准与 IDLH 浓度标准并不能准确反映风险事故发生后有毒化学品浓度与人体健康的关联,有必要选择更为合理的标准作为风险评价的标准,故参照国际应用情况及各标准的建立及适用情况,建议选取 AEGL 值作为化工行业突发性环境污染事件的短期急性接触空气浓度标准,当某类化学物质没有 AEGL 值,此时可选用 ERPG 值,若某类化学物质既没有 AEGL 值也没有 ERPG 值时,可选用 TEEL 值,前 3 类标准值均没有时选取 IDLH 标准值和  $LC_{50}$  标准值.

责任作者简介: 杨凤林(1944—),男,教授,主要研究方向是环境系统分析与评价、产业生态学、污水处理的膜分离技术、先进生物处理技术. 发表学术论文 300 余篇,其中 SCI、EI 收录 160 余篇.

#### 参考文献(References):

AIHA. 2008. Emergency Response Planning Guidelines (ERPG) and

workplace exposure levels handbook [M]. Fairfax, VA: The American Industrial Hygiene Association(AIHA) Press

AIHA. 2010. AIHA Guideline Foundation Administrative Operating Procedures [OL]. 2010-02-10. <http://www.aiha.org/insideaiha/GuidelineDevelopment/weel/Documents/AIHA%20GF%20AOP%202010.pdf>

AIHA. 2011. 2011 ERPG/WEEL Handbook [OL]. AIHA Guideline Foundation. [http://www.aiha.org/insideaiha/GuidelineDevelopment/ERPG/Documents/2011erpgweelhandbook\\_table-only.pdf](http://www.aiha.org/insideaiha/GuidelineDevelopment/ERPG/Documents/2011erpgweelhandbook_table-only.pdf)

陈晓维. 2009. 化工项目环境风险评价方法研究[J]. 江西化工, (2): 118-121

Chen X W. 2009. Research of chemical industry project environment risk assessment technologies [J]. Jiangxi Chemical Industry, (2): 118-121 (in Chinese)

DOC. 2008. DOE HANDBOOK Emergency Exposure Limits for Chemicals: Methods and Practice [M]. Washington, D. C., U. S.: Department of Energy

杜喜臣 蔡敏琦. 2008. 液氨泄漏事故树分析及风险预测[J]. 环境工程学报, 2(10): 1430-1432

Du X C, Cai M Q. 2008. Ammonia leakage fault tree analysis and risk forecast [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2(10): 1430-1432 (in Chinese)

ECETOC. 1991. Emergency exposure indices for industrial chemicals [R]. Technical Report No. 43. Brussels, Belgium: European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals.

EPA. 2011. The Development of Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) [OL]. U. S. Environment Protection Administration. 2011-11-07. [http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/compiled\\_aegls\\_nov072011.pdf](http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/compiled_aegls_nov072011.pdf)

耿晓梅. 2007. 有关化工石化建设项目环境风险评价技术评估的探讨[J]. 环境保护科学, 33(2): 83-85

Geng X M. 2007. Discussion on evaluation of environmental risk assessment for petrochemical industry and chemical industry projects [J]. Environmental Protection Science, 33(2): 83-85 (in Chinese)

惠秀娟. 2003. 环境毒理学[M]. 北京: 化学工业出版社. 52-55

Hui X J. 2003. Environmental Toxicology [M]. Beijing: Chemical Industry Press. 52-55 (in Chinese)

贾倩 黄蕾 袁增伟 等. 2010. 石化企业突发环境风险评价与分级方法研究[J]. 环境科学学报, 30(7): 1510-1517

Jia Q, Huang L, Yuan Z W, et al. 2010. Assessment and management of accidental environmental risks in the petro-chemical industry [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 30(7): 1510-1517 (in Chinese)

李立伟, 许庆, 李兰英. 2009. 化工建设项目环境风险评价初探[J]. 中国科技信息, (8): 61-63

Li L W, Xu Q, Li L Y. 2009. Preliminary discussion on environment assessment of the Chemical construction project [J]. China Science and Technology Information, (8): 61-63 (in Chinese)

林莉 孔庆波. 2008. 浅析化工企业环境风险评价[J]. 环境科学与管理, 33(4): 188-191

Lin L, Kong Q B. 2008. Investigations on environmental risk assessment of chemical industrial enterprise [J]. Environmental Science and

- Management 33(4):188-191 (in Chinese)
- 刘大银,王瀚,胡东玲等. 2001. 大型磷酸-磷铵企业环境风险的防范[J]. 安全与环境工程 8(3):16-20
- Liu D Y, Wang H, Hu D L, et al. 2001. A lookout on the environmental risk to large phosphoric acid-ammonium phosphate enterprises [J]. Safety And Environmental Engineering 8(3):16-20 (in Chinese)
- 卢仲达,张江山. 2007. 层次分析法在环境风险评价中的应用[J]. 环境科学导刊 26(3):79-81
- Lu Z D, Zhang J S. 2007. Application of analytic hierarchy process on environmental risk assessment [J]. Environmental Science Survey, 26(3):79-81 (in Chinese)
- NIOSH. 1994. Documentation For Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLHs) [OL]. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994-05. <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>
- NOAA. 2008. CAMEO Chemicals [OL]. NOAA's Ocean Service, National Oceanic and Atmospheric Administration. [http://cameochemicals.noaa.gov/help/cameo\\_chemicals\\_help.htm](http://cameochemicals.noaa.gov/help/cameo_chemicals_help.htm)
- NRC. 2007. Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 1 [M]. Washington D C: National Academy Press
- SCAPA. 2010. Protective Action Criteria (PAC) with AEGLs, ERPGs, & TEELs: Rev. 26 for Chemicals of Concern [OL]. Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions (SCAPA). 2010-09. [http://www.atlantia.com/DOE/teels/teel/teel\\_pdf.html](http://www.atlantia.com/DOE/teels/teel/teel_pdf.html)
- Trainor M T, Ridgway P, Macbeth R W, et al. 2006. Substance prioritization for the development of EU Acute Exposure Toxicity Thresholds (AETLs) [J]. Journal of Hazard Mater 133:16-23
- 魏珣. 2007. 化工企业环境风险评价与管理初探[J]. 辽宁化工 36(5):337-340
- Wei X. 2007. Investigations on environmental risk assessment and management of chemical industrial enterprise [J]. Liaoning Chemical Industry 36(5):337-340 (in Chinese)
- 杨振宇. 2009. 化工类建设项目环境风险评价[J]. 淮北煤炭师范学院学报(自然科学版) 30(2):73-75
- Yang Z Y. 2009. On evaluating the degree of environmental pollution of the projects of the chemical industry [J]. Journal of Huabei Coal Industry Teachers College (Natural Science Edition) 30(2):73-75 (in Chinese)
- 袁业畅,王凯,汪金福. 2005. 化工建设项目环境风险评价方法探讨[J]. 湖北气象 24(3):32-35
- Yuan Y C, Wang K, Wang J F. 2005. The discussion about the environmental risk appraisal method of the chemical construction project [J]. Journal of Hubei Meteorology 24(3):32-35 (in Chinese)