

DOI: 10.7524/AJE.1673-5897.20141118005

韩伟, 于艳军, 张勇, 等. 进出口工业化学品风险管理与风险评估进展[J]. 生态毒理学报, 2015, 10(2): 142-153

Han W, Yu Y J, Zhang Y, et al. Progress on risk assessment and risk management for import & export chemicals in China [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2015, 10(2): 142-153 (in Chinese)

进出口工业化学品风险管理与风险评估进展

韩伟¹, 于艳军¹, 张勇¹, 李宁涛¹, 王利兵^{2,*}

1. 天津出入境检验检疫局工业产品安全技术中心 国家危险化学品检测重点实验室,天津 300308
2. 湖南出入境检验检疫局技术中心,长沙 410004

收稿日期:2014-11-18 录用日期:2015-02-09

摘要: 我国是世界化学品生产和贸易的大国。大量化学品的生产和进出口贸易给我国化学品风险管理和风险评估带来了巨大挑战。在借鉴发达国家和经济组织对化学品风险管理经验和评估技术的基础上,我国在近年来也逐步开展了化学品的管理和控制,以应对当前日益突出的化学品环境安全 and 健康安全事故。本文从我国化学品管理与国外化学品风险管理之间的对比出发,在梳理化学品管理政策发展的过程中,重点就我国环境保护部门对有毒和进口化学品、新化学物质和废弃危险化学品以及质检部门对进出口工业化学品的管理和控制措施,以及化学品的评估技术进行了综述。通过与发达国家就化学品风险管理与评估技术的对比,指出我国目前化学品管理和评估的不足与欠缺,并提出一些可行的应对措施与办法,为完善我国化学品风险管理和评估提供一定的参考。

关键词: 进出口;化学品;风险管理;风险评估;进展

文章编号: 1673-5897(2015)2-142-12 中图分类号: X171.5 文献标识码: A

Progress on Risk Assessment and Risk Management for Import & Export Chemicals in China

Han Wei¹, Yu Yanjun¹, Zhang Yong¹, Li Ningtao¹, Wang Libing^{2,*}

1. Safety Key Testing Laboratory of the Hazardous Products, Technical Center for Safety of Industrial Products, Tianjin Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Tianjin 300308, China
2. Technical Center for Hunan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Changsha 410004, China

Received 18 November 2014 **accepted** 9 February 2015

Abstract: China is one of the biggest countries for chemical production and trade power. A large number of chemical production, import and export trade in China has brought great challenges for chemical risk management and risk assessment. Based on adopting experiences from foreign and economic organizations about chemical risk management and evaluation technology, China also gradually carried out the management and control for chemicals in recent years, to cope with the increasingly prominent chemical-induced environmental and health safety problems. This article starts from the comparison between China and abroad on chemicals management, reviews the chemicals management policies development in China, focusing on the management

基金项目:国家 863 计划(No. 2012AA06A303);国家质检总局科技计划(Nos. 2013IK214, 2014IK072)

作者简介:韩伟(1979 -),男,博士,研究方向为进出口化学品危险特性分类与鉴定,E-mail: whan@iccas.ac.cn;

* 通讯作者(Corresponding author), E-mail: wanglb1@126.com

and control measures issued by environmental protection departments for toxic and import chemicals, new chemical substances and the discarded hazardous chemicals, and the import and export of industrial chemicals managed by quality inspection department. Meanwhile, the chemicals risk assessment technology is also summarized. Through the comparison with developed countries on chemical risk management and assessment, points out the deficiencies and problems of chemical management and evaluation in China, and puts forward some feasible countermeasures, which provides a certain reference for improving China's chemical risk management and evaluation.

Keywords: import & export; chemicals; risk management; risk assessment; progress

工业化学品在提升国民经济规模和改善人们生活质量方面发挥了重要作用,然而,人们在享用工业化学品带来的经济增长红利和诸多便利的同时,生存环境和健康安全也在遭受空前的压力和威胁^[1-2]。在化学品生产、储藏、运输、使用和废弃的整个生命周期中,其对环境健康的影响已经到了制约经济发展和危害人类生命的地步^[3]。以国家安全生产监督管理局统计的结果为例,截至 10 月 23 日,2014 年我国境内共发生近 70 余起与化学品有关的安全事故,这些事故不仅造成严重的人员伤亡和巨额的经济损失,而且对事发地周围的环境造成不可修复的破坏^[4]。2014 年 8 月,江苏省昆山市金属制品厂的金属粉尘爆炸事故,直接导致 75 人死亡^[5];地处黄河沿岸仅 8 km 的内蒙古阿拉善左旗腾格里沙漠腹地,被当地化工企业的非法排污遭到破坏^[6];时至今日,在内陆和我国台湾地区持续发酵的地沟油(馊水油)事件,依然在严重地侵害广大消费者的身心健康^[7];更令人们担心的是,尽管环保部门联合诸多职能部门采取了大量措施,雾霾气候在我国某些重化工城市和地区依然存在^[8]。

上述这些由工业化学品直接或间接造成的环境污染和人员伤亡事故,与我国改革开放以来快速发展的化工行业息息相关。随着化学品安全和环境污染事故的不断升级,1994 年原国家环境保护局首次出台了《化学品首次进口及有毒化学品进出口环境管理规定》的管理措施^[9];2001 年 12 月我国加入 WTO 后,为了弥补化学品管理和评估的不足,国务院于 2002 年通过并实施了《危险化学品安全管理条例》^[10];为进一步加强危险化学品的安全管理,国务院又于 2011 年对原《危险化学品安全管理条例》进行了修订,并于当年 12 月 1 日起正式实施。至此,以危险化学品为重点管理对象,我国针对化学品的管理逐步开展起来,并在国务院和各部门的修订和监督中不断向前推进。

近年来,随着我国化学品国际贸易和生产消费的迅猛增长,我国在全球化学品风险管理中所扮演的角色和承担的义务也越来越重要。然而,由于我国在化学品的管理上缺乏以化学品本身的毒理学性质和生态毒理学性质以及其对人体和环境可能的暴露概率为基础的风险评估,因此与国际发达国家和组织存在较大的差距。为此,为了提升我国化学品管理的质量,本文在借鉴国际化学品风险管理和风险评估先进经验的同时,就我国在化学品管理和评估方面做出的一些努力进行了综述,在比较了我国与发达国家在化学品管理和评估领域中的差异以及我国主要管理部门对化学品管理和评估的不同特点的基础上,对其中存在的一些问题进行了总结,并尝试提出一些可行的解决办法。

1 工业化学品风险管理与风险评估 (Industrial chemicals risk management & assessment)

工业化进程的快速发展使得 20 世纪上半叶欧盟国家最早意识到化学品对人体健康和生态环境的巨大危害。因此在化学品风险管理与评估方面,欧盟在 1967 年就颁布实施了以危险物质为管理对象的关于危险物质分类、包装、标示的指令 67/548/EEC^[11],其后经过多次修订,该指令从开始时对危险化学品的简单分类和危险特性评估转变为以预防为目标和以风险为基础的安全评估。2008 年,欧盟将混合物也囊括进其风险管理的范围,形成了关于物质和混合物的分类、包装、标示新指令(EC) No 1272/2008^[12];与此同时,欧盟于 1995 年发布了关于风险评估的技术纲领(Technical Guidance Document on Risk Assessment, TGD),并于 2003 进行了二次修订^[13]。目前,欧盟对化学品的风险管理和评估主要依据“关于化学品注册、评估、授权和限制的法规”的 REACH 法规^[14],注册和评估的范围已从当初的新化学品扩大到所有化学品,并要求对高产量物质(HPIVs)和进出口量在 10 t 以上的任何一种化学品

进行评估。

日本化学品的管理由 1976 年颁布的“化学物质控制法”(CSCL)实施。经 1986 年和 2003 年 2 次修订后,CSCL 逐渐将化学品的生态效应、化学品环境暴露信息、持久性和高生物富集性化学品的处理办法以及生产商和进口商需提交的化学品危险性的所有信息等因素和要求都纳入了其中^[15],逐步完善了日本对化学品的风险管理和评估。

美国化学品的风险管理由“有毒物质控制法案”(TSCA)实施,并由环境保护署下属的防止污染和有毒物质办公室负责^[16]。该法案着重强调对即将投放市场的新化学品的审核和现有化学品潜在风险管理方法的实施。对于新投放化学品,法案要求企业或生产商在生产或进口新化学品之前 90 天需向管理部门提出申请,同时评估专家需对其可能存在的健康暴露风险、环境释放风险和经济危害做出评估。

除了美国、日本、欧盟等一些发达国家和地区外,一些国际机构和组织如经济合作和发展组织(OECD)和世界卫生组织(WHO)也建立了针对化学

品风险管理和评估的方法。OECD 所倡导的风险管理和评估方法强调在全球范围内就化学品的释放评估、暴露模型、监测数据和暴露信息进行协作和交流。为使各国就化学品风险管理和风险评估更好地进行沟通,WHO 国际化学品安全规划署(PCS)联合 OECD 开展了化学品风险管理和风险评估的项目研究,旨在促进世界各国对化学品风险评估数据的互用和互认,为相关的企业和政府部门降低不必要的资源浪费。

为了避免重蹈发达国家在 20 世纪前半叶在环境问题上的“先污染再治理”的覆辙,我国在 20 世纪末也逐步开展并实施了对化学品的管理。1994 年国家环境保护总局颁布实施的《化学品首次进口及有毒化学品进出口环境管理规定》拉开了我国化学品管理的序幕^[17]。经过 20 年的发展,目前我国化学品管理最高级别的措施为 2011 年 3 月国务院发布实施的新《危险化学品安全管理条例》^[18]。该条例第六条明确指出“对危险化学品的生产、储存、使用、经营、运输实施安全监督管理的有关部门”,需依照如下表 1 所示的内容履行其相应的职责:

表 1 我国负责危险化学品安全监督管理的部门及其职责^[18]

管理部门 Authorities	履行职责 Duties
安全生产监督管理部门 State Administration of Work Safety	负责危险化学品安全监督管理综合工作,组织确定、公布、调整危险化学品目录,对新建、改建、扩建生产、储存危险化学品(包括使用长输管道输送危险化学品,下同)的建设项目进行安全条件审查,核发危险化学品安全生产许可证、危险化学品安全使用许可证和危险化学品经营许可证,并负责危险化学品登记工作 Safety supervision and administration of hazardous chemicals, issuing and adjustment of the Catalogue of Hazardous Chemicals, safety evaluation and inspection of newly established construction projects, re - constructed projects, or expanded facilities for the production and storage of hazardous chemicals (including the transport of hazardous chemicals by long distance pipeline). Verification and issuing of operating licenses for safe production, safe use of hazardous chemicals, business license for hazardous chemicals and for the registration of hazardous chemicals
公安机关 Ministry of Public Security	负责危险化学品的公共安全管理,核发剧毒化学品购买许可证、剧毒化学品道路运输通行证,并负责危险化学品运输车辆的道路交通安全管理 Public safety management of hazardous chemicals, verification and issuing of purchase permit for highly toxic chemicals, land transport permit for highly toxic chemicals, and administrating the road traffic safety of vehicles transporting hazardous chemicals
质量监督检验检疫部门 General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine	负责核发危险化学品及其包装物、容器(不包括储存危险化学品的固定式大型储罐,下同)生产企业的工业产品生产许可证,并依法对其产品质量实施监督,负责对进出口危险化学品及其包装实施检验 Issuing industrial product manufacturing licenses to manufacturers who produce hazardous chemicals or the packaging and containers for hazardous chemicals (excluding the fixed large tanks for storing hazardous chemicals), supervising the quality of the products, and inspecting the imported and exported hazardous chemicals and their packages

续表 1

环境保护主管部门 Ministry of Environmental Protection	负责废弃危险化学品处置的监督管理,组织危险化学品的环境危害性鉴定和环境风险程度评估,确定实施重点环境管理的危险化学品,负责危险化学品环境管理登记和新化学物质环境管理登记;依照职责分工调查相关危险化学品环境污染事故和生态破坏事件,负责危险化学品事故现场的应急环境监测 Supervision and administration of the disposal of hazardous chemical waste, identification of the hazards and evaluation of the environmental risk of hazardous chemicals, determination of the hazardous chemicals as key hazardous chemicals for environmental management, environmental management registration of hazardous chemicals and new chemicals. Investigation of relevant environmental pollution accidents and ecological destruction by hazardous chemicals and monitoring of scenes of accidents involving hazardous chemicals
交通运输主管部门 Ministry of Transport	负责危险化学品道路运输、水路运输的许可以及运输工具的安全管理,对危险化学品水路运输安全实施监督,负责危险化学品道路运输企业、水路运输企业驾驶人员、船员、装卸管理人员、押运人员、申报人员、集装箱装箱现场检查员的资格认定;铁路主管部门负责危险化学品铁路运输的安全管理,负责危险化学品铁路运输承运人、托运人的资质审批及其运输工具的安全管理;民用航空主管部门负责危险化学品航空运输以及航空运输企业及其运输工具的安全管理 Issuing of transport permit for the transport of hazardous chemicals by land and waterways, safety management of transport vehicles, safety supervision of the transportation of hazardous chemicals by waterway and for the determination of qualifications for drivers, sailors, loading and uploading managerial staff, escorts, applicants, and on - site container inspectors. Department of railway is responsible for safety management of railway transportation for hazardous chemicals, qualification approval of carriers and shippers for railway transportation of hazardous chemical and safety management of transport vehicles. Department of civil aviation is responsible for the supervision of the transport of hazardous chemicals by air
卫生主管部门 National Health and Family Planning Commission	负责危险化学品毒性鉴定的管理,负责组织、协调危险化学品事故受伤人员的医疗卫生救援工作 Management of toxicity appraisal of hazardous chemicals, organization and coordination of medical rescues of injured person involved in accidents with hazardous chemicals
工商行政管理部门 State Administration for Industry & Commerce	依据有关部门的许可证件,核发危险化学品生产、储存、经营、运输企业营业执照,查处危险化学品经营企业违法采购危险化学品的行为 Verifying and issuing business license of the enterprises who manufacture, store, deal in and transport hazardous chemicals, investigating and taking legal action against companies who procure hazardous chemicals illegally
邮政管理部门 State Administration for Post	负责依法查处寄递危险化学品的行为 Investigation and dealing with the behaviors of delivery hazardous chemicals

2 进出口工业化学品风险管理 (Risk management for import & export industrial chemicals)

我国对进出口工业化学品实施管理的部门主要有环境保护部和国家质量监督检验检疫总局。1994年,为了推进“关于化学品国际贸易资料交换的伦敦准则”在我国 的实施,原国家环境保护局联合海关总署和对外贸易经济合作部颁布了《化学品首次进口及有毒化学品进出口环境管理规定》^[17]。该规定的颁布意味着我国化学品环境管理的正式实施。从具体内容来看,该规定主要是对进出口有毒化学品的注册范围和登记信息进行管理,对其实施环境准入制度。企业进出口的化学品在《中国严格限制进出口的有毒化学品目录》名录中的,须向主管部门提出申请注册登记。首批目录包含 27 种有毒化学品;在“斯德哥尔摩公约”和“鹿特丹公约”倡议

下,2005 年国家环保总局联合海关总署在目录中另外增加了 7 种有毒化学品。截至到 2014 年,该目录中已包括 162 种有毒化学品^[19]。

除对有毒化学品和首次进口化学品实施管理外,环保部还对废弃危险化学品和新化学物质实施管理。废弃化学品的管理始于 2005 年环保总局颁布的《废弃危险化学品污染环境防治办法》^[20]。该办法规定对废弃危险化学品的产生、收集、运输、贮存、利用、处置活动环境污染的防治,并明确了废弃危险化学品是指“未经使用而被所有人抛弃或者放弃的危险化学品,淘汰、伪劣、过期、失效的危险化学品,由公安、海关、质检、工商、农业、安全监管、环保等主管部门在行政管理活动中依法收缴的危险化学品以及接收的公众上交的危险化学品。”。该办法同时规定危险化学品的生产者负责自行对废弃危险

化学品进行回收、利用、处置,但其进口者、销售者、使用者需负责委托持有危险废物经营许可证的单位进行回收、利用和处置,并需向使用者和公众提供废弃危险化学品回收、利用、处置单位和回收、利用、处置方法的信息。

新化学物质的管理始于2003年环保总局颁布实施的《新化学物质环境管理办法》^[21],该办法将新化学物质定义为在申报时尚未在我国境内生产或者进口的化学物质,同时规定申报人应当在生产前或进口前向国家环境保护总局化学品登记中心提交新化学物质申报表、测试数据报告和测试机构的资质证明等资料。其中,申请表需包含所申报化学物质的名称、分子结构、测试方法、用途、年生产或进口量、物理-化学性质、毒理学和生态毒理学特性、事故预防和应急措施、污染预防和消除方法、废弃物处置措施等;所申请的新化学物质的测试数据由境外机构完成,该境外机构需获得我国主管机关的认可。另外,该办法还特别规定了新化学物质的生态毒理学数据必须包括在我国境内完成的测试数据,且该测试数据必须用我国的供试生物进行测试。近年来,随着新化学物质数量的快速增长,2008年,环保部化学品环境管理处就《新化学物质环境管理办法》的条例进行调整修改后于2010年形成新的管理办法^[22]。新办法中明确将环境保护置于优先考虑的地位,并充分考虑科技方法和市场规则在新化学物质环境管理中的作用。在新的管理办法中,新化学物质的分类由化学物质环境管理专家评审委员会根据其物理特性、人体健康和环境等方面的参数进行确定,并由其暴露程度以及对人体健康和环境的风险实施管理。在实现分类和管理的基础上,新的管理办法依据专家评审委员会的评估提出了相应的风险控制措施。调整实施后的管理办法使得新化学物质在生产、销售和进口之前必须充分了解其属性、监管途径及其危害控制方法,以便环境免受其危害和污染。该法案的实施对我国进口和新生产的新化学物质的风险管理起到了积极的作用。

除国家环保部门外,我国质检部门也实施对进出口化学品的管理。国务院《危险化学品安全管理条例》规定,质量监督检验检疫部门负责核发危险化学品及其包装物、容器生产企业的工业产品生产许可证,并依法对其产品质量实施监督,负责对进出口危险化学品及其包装实施检验。质检总局对进出口化学品的管理始于1985年国家商检局会同国家

经贸委、对外经济贸易部和交通部颁布实施的《海运出口危险货物包装检验管理办法》^[23]。在此基础上,国家质检总局在2004年又下发了《关于加强进出口危险货物安全监督管理有关问题的紧急通知》,要求除对出口危险货物包装实施检验监管外,还需对危险化学品的危险特性实施鉴别与分类,而鉴别与分类的标准则按照联合国《关于危险货物运输的建议书规章范本》(TDG)进行,对于TDG中明确列明的化学品,需严格检验其危险特性是否与TDG列明的属性一致,而对于TDG中尚未列明的且未知其特性的新化学物质,应严格按照TDG中有关化学品分类鉴定试验对其进行分类鉴定。

在实施进出口危险化学品检验监管过程中,为了提升我国与全球各国化学品贸易的便捷性,减少进出口化学品管理过程中因技术壁垒造成的贸易损失,2011年质检总局要求按照《关于在出口危险化学品中进行GHS工作试点的通知》中的规定在直属检验检疫机构开展以GHS为准则的危险公示信息符合性核查工作,并对出口危险化学品的危险特性进行分类鉴别。除此之外,该通知还要求对进出口化工企业实施监管。质检总局对进口企业和出口企业在化学品的申报过程中实施不同的监管方法。对于进口企业,其收货人或其代理人应按照《危险化学品名录》中的名称申报,同时还应提供进口危险化学品经营企业符合性声明、危险公示标签和安全数据单样本,对需要添加抑制剂或稳定剂的产品,应提供实际添加抑制剂或稳定剂的名称、数量等情况说明;对于出口企业,除了要满足进口企业提交的申请材料外,还要求提交出境货物运输包装性能检验结果单和出口化学品的危险特性分类鉴别报告。另外,对于用作食品和食品添加剂的进出口化学品,还需要符合食品安全的相关规定。

在进出口化学品的管理中,国家环保部和质检部门都需按照《危险化学品名录》中所列的种类对进出口化学品进行分类、评估、管理和控制;对于未列入名录中的化学品,环保部和质检总局在其颁布和下发的管理办法中都提出了具体的监管措施。例如,质检总局在2012年3月下发的《关于进出口危险化学品及其包装检验监管有关问题的公告》中规定检验检疫机构对列入国家《危险化学品名录》的进出口危险化学品实施检验监管,检验内容包括是否符合安全、卫生、健康、环境保护、防止欺诈等要求以及相关的品质、数量、重量等项目^[24];2013年12月

下发的《关于明确当前几项进出口工业产品检验监管具体工作的通知》中规定,保留在《危险化学品名录》内的出口电池产品,属于危险化学品的,根据危险化学品及其包装检验监管规定实施检验监管;不属于危险化学品,但属于危险货物的,按照TDG有关要求实施出口危险货物包装的检验监管,不再实行备案和汞含量专项检测;在2014年1月下发的《关于明确进出口危险化学品检验监管有关问题的通知》中则规定,对与危险化学品共用一个海关编码(HS编码)的普通化学品,出入境检验检疫部门可不实施检验,直接签发通关单;对以普通化学品名义申报进出口危险化学品等伪报、瞒报行为,则应依法依规予以查处。

随着我国进出口化学品数量和种类的急剧增加,国务院会同管理化学品的各部门也在调整和修订《危险化学品名录》,以适应和满足我国对进出口化学品实施分类管理的要求。至此,我国进出口化学品管理在国务院颁布实施的《危险化学品安全管理条例》的框架基础上,以《危险化学品名录》为主要监管对象的方式逐步建立起来。经过20年的发展,我国在进出口化学品的管理中取得了显著的进步,对包括进出口有毒化学品、首次进口新化学物质、大宗原料类化学品以及国内已存在的化学品实施了以批批检验为模式的严密监管,一定程度上减少了化学品对人体健康和生态环境的危险。因此,尽管我国对进出口化学品的监管起步较晚,且主要以其固有物理和化学危害特性为监管目标,缺乏以风险性评估为基础的风险管理,但经过多年的发展已获取了一些符合我国国情的管理经验,为将来我国针对进出口化学品的风险管理,尤其是争取在进出口化学品贸易中以风险管理为基础的话语权奠定了坚实基础。

3 进出口工业化学品风险评估(Risk assessment for import & export industrial chemicals)

化学品风险评估包括人体健康风险评估和生态环境风险评估,两者评估的步骤基本相同,区别在于人体健康和生态环境关注不同化学品的危险特性及其暴露途径。人体健康风险评估关注化学品对人体的毒性影响,常用可接受的日摄入量(ADI)和可耐受的日摄入量(TDI)来表示;根据暴露途径的不同分为环境暴露、职业暴露和消费者暴露。生态环境风险评估关注化学品通过环境介质对生态系统的毒性效应,一般用预测无效应浓度(PNEC)进行衡量。

对化学品实施风险评估可有效降低或遏制其潜在的对人体健康和生态环境带来的灾难性后果。在面对化学品危害特性复杂,种类繁多,生产和使用情况千差万别的特点下,化学品风险评估可对化学品进行分级分类,筛选出优先管理的化学品。例如,美国环保部在有毒物质控制法案下制定了相应有毒物质排放清单,欧盟在REACH法案的框架下实施的高关注度物质限制清单;对于毒性未知或新申报的化学品,美国和欧盟通常以风险评估指南、模型和数据库为基础,对未知化学品进行风险分类和评估。例如美国环保部化学品暴露评估模型中心提供的可用于水生、陆生和多介质途径下有机物和金属预测暴露评估技术,其评估范围涵盖地下水、地表水、食物链和多介质模型;同样,欧盟化学品生态毒理学和毒理学中心(ECETOC)也提供了众多的化学品评估模型,涵盖的物质包含现有化学物质、新化学物质、进出口危险化学品、高产量化学品和低产量化学品等。

发达国家通过法规制度的制定实施,将化学品风险评估这一科学手段提升为法制手段,确立了风险评估作为化学品管理基本依据的法律地位和效力,并通过不断推进化学品风险评估的发展,从而使得化学品风险评估的结果更有效地转化为政府、企业和公众各方减少化学品风险的有力工具。经过多年来的实践、总结和不断发展完善,发达国家对化学品的风险评估已形成了一套相对成熟的政策技术体系,这一体系保障了化学品风险评估所需的信息和技术,从而推动了诸如POPs类等高风险化学品在区域内、乃至全球范围的淘汰。

针对一般化学品风险评估所遵从的技术手段和方法同样适用于进出口化学品的评估。在借鉴国外化学品风险评估先进理念和经验的基础上,我国检验检疫部门在实施进出口化学品的风险评估时主要遵从以下技术标准和指南:a)我国国家技术规范的强制性要求(适用进口化学品);b)国际公约、国际规则、条约、协议、议定书、备忘录等;c)输入国家或者地区技术法规、标准(适用出口化学品);d)国家质检总局指定的技术规范、标准;e)相关的贸易合同^[24]。在上述技术标准和指南中,质检总局对进出口化学品的风险评估主要借鉴以下几个指导文件:

1)联合国关于危险货物运输的建议书(TDG)

TDG是国际上众多对危险货物进行鉴定分类的最具权威性的一种方法,其分类鉴定的对象危险

化学品及其相关的制品及其外包装。在 TDG 中,危险化学品的分类不仅仅局限于对人体健康和生态环境的影响,而且还包括危险化学品本身内在属性对人体或生态造成的潜在影响。例如,TDG 针对化学物质的分类中,毒性物质和腐蚀性物质是依据化学物质对人体的健康危害进行分类,而杂项危险物质和物品则包含对生态环境具有危害的化学品的分类;除此之外,TDG 根据危险物质内在属性又分为爆炸品、气体、易燃液体、易燃固体、氧化性物质和过氧化物以及放射性物质,这些物质本身不会对人体健康和生态环境造成严重影响,但其内在的物理属性将会对人体健康或生态环境造成潜在危害。例如,甲醇作为常见的化工原料,属于低毒性的化学物质,在其毒性评估中不属于毒性物质,但由于其具有低的闪点,当接触到高温或外来火源时,其可燃性将会对周围的人或环境造成一定的破坏。

在对未知物品进行分类鉴定时,TDG 有相应的标准试验手册作为指南进行分类试验,在符合分类鉴定试验结果的前提下,危险货物将被按照不同的危险特性进行包装和运输。尽管 TDG 对包括危险化学品在内的危险货物分类鉴定的主要目的是为了对其包装和运输进行规范,但分类依据综合考虑了对人体健康和生态环境的潜在风险和危害,因此目前在检验检疫部门对进出口化学品的风险评估中起到指导性作用。例如,最新实施的《危险化学品安全管理条例》中,其对危险化学品的分类评估就参考了 TDG 的主要分类原则和方法,将危险化学品分为爆炸品、气体、易燃液体、毒害品等七大类,涉及石油原油等大宗资源类商品,天然气、汽油等与百姓生活密切相关的产品,农药、化肥等农业投入品,还涉及 495 种可用作食品添加剂的化学品。经评估后的危险化学品及货物会统一分配到一个由四位阿拉伯数字组成的编号作为其标识,并匹配一个具有危险

警示的相形图,用于后期危险化学品及含有危险化学品的货物在运输和使用过程中的辨识,以避免由此可能带来的危害。

2)全球化学品统一分类 & 标签制度(GHS)

与 TDG 相比,GHS 分类鉴定与评估的范围较 TDG 广泛,囊括了几乎所有领域和范围的化学品。GHS 对化学品的分类评估依据其具有的物理危害、健康危害和环境危害分为 28 个类别,每个类别下面根据危害程度进一步划分为几个等级,以反映一个危险种类内危险的相对严重程度。与 TDG 相比,GHS 对化学品的分类更为详细。例如,GHS 中将氧化性物质进一步分为氧化性液体和氧化性固体;有关健康危害的分类中,将毒性物质分为急性毒性、生殖毒性、特定目标器官毒性、生殖细胞致突变性以及致癌性;在生态环境危害分级中,将环境危害物质进一步划分为危害水生环境一急性、危害水生环境一慢性和危害臭氧层物质。

GHS 中有关化学品物理危害的分类鉴别试验主要参考 TDG 的实验和标准手册,而健康危害和环境危害的分类鉴定试验,主要依据经济合作与发展组织(OECD)发布的《化学品测试方法》进行分类。该方法将化学品的理化性质、生态系统效应、降解与蓄积特性、健康效应以及残留特性通过 155 项试验方法进行测试,而测试结果将作为 GHS 对化学品进行分类和标签的依据。

3)国家标准、行业标准和指南

除采用 TDG 和 GHS 的分类鉴定准则外,我国也建立了相应的国家标准和行业标准用以指导对进出口工业化学品的风险评估(表 2)。这些标准为我国开展进出口工业化学品的风险评估建立了指导性文件,与此同时,一系列包含分类鉴定评估方法的标准也建立并实施,用以完善我国进出口工业化学品风险评估体系(表 2):

表 2 我国进出口化学品风险评估国家标准 & 行业标准体系^[25]
Table 2 National Standard & Industrial Standard system for import and export chemicals risk assessment in China

标准号 Standard No.	标准名称 Standard title	类型 Standard sort
HJ/T 154-2004	新化学物质危害评估导则	总则
	The guidelines for the hazard evaluation of new chemical substances	Guideline
GB/T 22225-2008	化学品危险性评价通则	总则
	General provisions for hazard evaluations of chemicals	Guideline
GB/T 22234-2008	基于 GHS 的化学品标签规范 Labelling of chemicals based on GHS	总则 Guideline
GB/T 24775-2009	化学品安全评定规程 Procedure of chemical safety assessment	总则 Guideline

续表 2

GB 13690-2009	化学品分类和危险性公示通则	总则
	General rule for classification and hazard communication of chemicals	Guideline
SN/T 3522-2013	化学品风险评估通则	总则
	General principles for risk assessment of chemicals	Guideline
GB 30000.2-2013 ~ GB 30000.29-2013	化学品分类、警示标签和警示性说明安全规范--爆炸物、易燃气体、气溶胶、氧化性气体、加压气体、易燃液体、易燃固体、自反应物质和混合物、自燃液体、自燃固体、自热物质和混合物、遇水放出易燃气体的物质和混合物、氧化性液体、氧化性固体、有机过氧化物、金属腐蚀物、急性毒性、皮肤腐蚀/刺激、严重眼损伤/眼刺激、呼吸道或皮肤致敏、生殖细胞致突变性、致癌性、生殖毒性、特异性靶器官毒性一次接触、特异性靶器官毒性反复接触、吸入危害、对水生环境的危害、对臭氧层的危害	规范性系列标准,技术上等同 GHS 就化学品物理、健康和环境危害的 28 个分类鉴别技术标准
	Rules for classification and labeling of chemicals, including explosives, flammable gases, aerosols, oxidizing gases, gases under pressure, flammable liquids, flammable solids, self-reactive substances and mixtures, pyrophoric liquids, pyrophoric solids, self-heating substances and mixtures, substances and mixtures which in contact with water emit flammable gases, oxidizing liquids, oxidizing solids, organic peroxides, corrosive to metals, acute toxicity, skin corrosion/irritation, serious eye damage/eye irritation, respiratory or skin sensitization, germ cell mutagenicity, carcinogenicity, reproductive toxicity, specific target organ toxicity-single exposure, specific target organ toxicity-repeated exposure, aspiration hazard, hazardous to the aquatic environment, hazardous to the ozone layer	Series normative standards, technically equivalent to GHS on chemicals for classification and identification
GB/T 21565-2008 ~ GB/T 21567-2008 GB/T 21570-2008 ~ GB/T 21572-2008 GB/T 21574-2008 ~ GB/T 21582-2008 GB/T 21611-2008 ~ GB/T 21632-2008 GB/T 21781-2008, GB/T 21860-2008 GB/T 27835-2011 ~ GB/T 27836-2011 GB/T 27842-2011 ~ GB/T 27843-2011	危险化学品危险性实验方法,包括磁性、摩擦感度、撞击感度、爆燃转爆轰、时间/压力、易燃固体自燃、易燃液体闭杯闪点、易燃固体燃烧速率、自燃温度、喷雾剂泡沫可燃性、喷雾剂封闭空间点燃、喷雾剂点燃距离、极不敏感引爆物质的缓慢升温、极不敏感引爆物质的外部火烧、极不敏感引爆物质的子弹撞击、易燃液体持续燃烧、金属腐蚀性试验、易燃固体遇水放出易燃气体等	化学品物理危害特性测试方法标准,技术上等同 TDG 和 GHS 中化学品物理危害测试方法
	Test methods for physical hazard characteristics of hazardous chemicals, including magnetism, impact sensitivity and friction sensitivity of explosive substances, deflagration to detonation transition, time/pressure, spontaneous combustion for flammable solids, closed cup flash point of flammable liquids, burning rate of flammable solids, autoignition temperature, foam flammability for aerosols, enclosed space ignition for aerosols, ignition distance for aerosols, slow cook-off test, external fire test and bullet impact test of extremely insensitive detonating substance, sustained combustibility test for flammable liquids, corrosion to metal, flammable solids which in contact with water emit flammable gases	Method standards for physical hazard characteristics of chemicals, technically equivalent to TDG and GHS test methods on physical hazard of chemicals
GB/T 21281-2007 GB/T 21795-2008 ~ GB/T 21796-2008 GB/T 21800-2008 ~ GB/T 21803-2008 GB/T 21805-2008 ~ GB/T 21813-2008 GB/T 21816-2008 ~ GB/T 21818-2008 GB/T 21828-2008 ~ GB/T 21831-2008 GB/T 21851-2008 ~ GB/T 21858-2008 GB/T 27844-2011 ~ GB/T 27846-2011 GB/T 27849-2011 ~ GB/T 27861-2011 GB/T 29763-2013 ~ GB/T 29764-2013	化学品环境危害和环境特性测试方法,包括鱼类急性毒性分级试验、藻类生长抑制试验、鱼类幼体生长试验、鱼类胚胎和卵黄囊仔鱼阶段的短期毒性、鱼类延长毒性 14 天试验、蚯蚓急性毒性试验、鸟类日粮毒性试验、鸟类繁殖试验、蜜蜂急性经口毒性试验、蜜蜂急性接触性毒性试验、海水中的生物降解性、固有生物降解性、溞类急性活动抑制试验、鱼类早期生活阶段毒性试验、快速生物降解性二氧化碳产生试验、生物富集半静态式鱼类试验、土壤粒度分析试验方法、陆生植物生长活力试验、生物降解筛选试验生化需氧量、土壤微生物氮转化试验、土壤微生物碳转化试验、土壤中好氧厌氧转化试验、稀有鮎鲫急性毒性试验、青鳉鱼早期生命阶段毒性试验等	化学品环境危害特性测试方法标准,技术上等同 OECD 实施的化学品测试方法
	Test methods for environmental hazard characteristics of hazardous chemicals, including fish acute toxicity, alga growth inhibition, fish juvenile growth, short-term toxicity test on fish embryo and sac-fry stages, 14-day study test on fish prolonged toxicity, earthworm acute toxicity, avian dietary toxicity, avian reproduction, honeybees acute oral toxicity, honeybees acute contact toxicity, biodegradability in seawater, inherent biodegradability, <i>Daphnia</i> sp., acute immobilization, ready biodegradability CO ₂ evolution, fish early life stage toxicity, semi-static fish bioconcentration, particle-size analysis of soils, terrestrial plant vegetative vigour, biochemical oxygen demand, soil microorganisms nitrogen transformation, soil microorganisms carbon transformation, aerobic and anaerobic transformation in soil, rare minnow acute toxicity, fish early life stage toxicity	Method standards for environmental hazard characteristics of chemicals, technically equivalent to OECD test methods on environmental hazard of chemicals

续表 2

	化学品健康危害测试方法,包括急性经口毒性、急性皮肤刺激性/腐蚀性、急性吸入毒性、急性经皮毒性、一代繁殖毒性、皮肤致敏性、急性眼刺激性/腐蚀性、啮齿类动物显性致死、毒物代谢动力学、哺乳动物精原细胞染色体畸变、啮齿动物 28 天重复剂量经口毒性、21 天/28 天重复剂量经皮毒性、28 天/14 天重复剂量吸入毒性、两代繁殖毒性、慢性毒性、啮齿类动物亚慢性、亚慢性经皮毒性、亚慢性吸入毒性、生殖/发育毒性筛选、重复剂量毒性合并生殖/发育毒性筛选试验、哺乳动物骨髓染色体畸变试验、体内哺乳动物红细胞微核试验、非啮齿类动物亚慢性(90 天)经口毒性、啮齿类动物神经毒性、慢性毒性与致癌性联合试验、体外哺乳动物细胞染色体畸变试验、急性经口	
GB/T 21603-2008 ~ GB/T 21610-2008	毒性固定剂量试验、神经发育毒性、黑腹果蝇伴性隐性致死试验、急性经皮	化学品健康危害特性测试方法标准,技术上等同 OECD 实施的化学品测试方法 Method standards for health hazard characteristics of chemicals, technically equivalent to OECD test methods on health hazard of chemicals
GB/T 21750-2008 ~ GB/T 21754-2008	毒性固定剂量试验、急性吸入毒性固定浓度试验、皮肤吸收体内试验等	
GB/T 21757-2008 ~ GB/T 21759-2008	Test methods for health hazard characteristics of hazardous chemicals, inclu-	
GB/T 21763-2008 ~ GB/T 21773-2008	ding acute oral toxicity, acute dermal irritation/corrosion, acute inhalation tox-	
GB/T 21778-2008, GB/T 21804-2008	icity, acute dermal toxicity, one-generation reproduction toxicity, skin sensi-	
GB/T 21786-2008 ~ GB/T 21788-2008	tization, acute dermal irritation/corrosion, rodent dominant lethal, toxicokinetics	
GB/T 21793-2008 ~ GB/T 21794-2008	studies, mammalian spermatogonial chromosome aberration, repeated dose 28-	
GB/T 21797-2008 ~ GB/T 21799-2008	day oral toxicity study in rodents, repeated dose dermal toxicity 21/28-day	
GB/T 21826-2008 ~ GB/T 21827-2008	study, repeated dose inhalation toxicity 28/14-day study, two-generation re-	
GB/T 24779-2009 ~ GB/T 24781-2009	production toxicity, chronic toxicity, repeated dose oral toxicity study in ro-	
GB/T 27817-2011 ~ GB/T 27831-2011	dents, subchronic dermal toxicity, subchronic inhalation toxicity, reproduc-	
	tion/developmental toxicity screening, combined repeated dose toxicity study with the reproduction/developmental toxicity screening, mammalian bone nar-	
	row chromosome aberration, in-vivo mammalian erythrocyte micronucleus, re-	
	peated dose 90-day oral toxicity in non-rodents, neurotoxicity study in ro-	
	dents, combined chronic toxicity/carcinogenicity study, in-vitro mammalian	
	chromosome aberration, acute oral toxicity-fixed dosed procedure, develop-	
	mental neurotoxicity, sex-linked recessive lethal in <i>Drosophila melanogaster</i> ,	
	acute dermal toxicity-fixed dose procedure, acute inhalation toxicity-fixed con-	
	centration procedure, in-vivo skin absorption	

除颁布实施的国家标准和行业标准外,近年来,我国关于化学品风险评估的科学研究也日益增多,已成为管理部门、评估中心的新的研究热点。在这其中,不仅有对于风险评估的综述性研究和介绍^[26],还有对危害评估模型^[27]、QSAR 评估技术^[28]、生态毒理^[29]和环境基准^[30]研究等风险评估相关技术的探讨,也有对于诸如人们比较关心的 PCBs^[31]、PFOS^[32]、全氟化合物^[33]、短链氯化石蜡^[34]、重金属^[35]等化学品在不同典型流域、区域的风险评估案例研究;在其他各管理部门,许多与化学品风险管理和评估有关的研究机构就化学品的生产、运输、贮藏、使用和废弃等环节中有可能存在的风险问题进行模型和实例的研究,许多如化学品交通运输风险预警 & 事故概率分析技术^[36]、化工园区生产安全与环境风险定性定量评估模型与技术^[37]、化学品毒理学动物替代试验技术^[38]、化学品区域环境风险定量评估技术^[39]、基于地理信息系统(GIS)的化学品环境风险评

估^[40]等技术为风险管理部门提供了科学而富有成效的指导作用,也为形成符合我国国情的化学品风险管理政策和制度的建立提供了坚实的技术基础。

4 问题与展望 (Problems & perspectives)

相比发达国家,我国化学品管理和评估的经验和技术欠缺较多,虽然近年来国家已经开始重视化学品对健康和环境的危害,并已颁布实施了较多的标准和技术指南,但由于我国化学品生产、运输、经营、使用和废弃的国情较为复杂,距离合理且有效的风险管理和风险控制尚存在较大的差距,总结起来,主要存在以下一些问题:

1)化学品管理和评估覆盖的范围不全,风险信息缺乏,评估工作相对滞后。我国是化学品生产和贸易业的大国,而现行有效的《中国现有化学物质名录》(2013 年版)中记录了 45 612 种化学品,其中只有 3 823 种被列入《危险化学品名录》(2012 版),其余

绝大多数化学品的危害信息缺乏,其生产、使用、数量、行业和地域分布动态信息不清,化学品生命周期内向环境中释放的情况缺乏了解,虽然有零散的、碎片化的环境风险评估工作,但系统和深入的风险评估工作较少,无法对化学品的环境管理提供充足的依据;

2)风险评估立法进程缓慢。与发达国家相比,我国化学品立法进程缓慢,缺乏以风险评价为基础的化学品立法。目前正在实施的化学品风险管理主要局限在“新化学物质环境管理登记”和“有毒化学品进出口环境管理登记”等少数内容。但面对我国现有数量和种类庞大的化学品来说,尚缺乏有效的法律和规定对其进行风险评估和风险控制。风险评估和管理立法进程的滞后带来的直接后果就是无法有效应对当前化工行业及下游产业风险隐患严峻的形势;另一方面,在发达国家就化学品风险管理日趋严格的背景下,我国相对宽松的化学品风险管理法制环境也诱使了国外淘汰的高风险落后化学品向国内的转移;

3)化学品风险评估基础和能力较为薄弱。尽管对日益严峻的化学品环境问题逐渐重视,并吸引了大批以管理部门、科研机构 and 高等院校为主的科研机构参与到我国化学品风险评估和管理的研究中,但从事化学品环境风险评估的能力和经验不足,有关化学品危害性测试能力相对落后,具备测试能力的实验室也无法满足国际上对同类实验室的苛刻要求,导致化学品测试结果尚不能被发达国家认可;

4)化学品风险评估的指南和工具缺乏创新性。化学品风险评估的技术性强、需要的信息量大,对比发达国家和组织制订的大量指南、模型和数据库,我国在该方面的工作尚处于空白阶段,导致国内的风险评估工作只能参考发达国家和组织实施的指南工具或已有的风险评估实践,尽管已经取得了一定的进展,但对于需要考虑国内生态环境、人群消费行为等特殊要求的暴露场景文件构建和风险评估研究,则要求科研机构和评估部门形成具有我国自主特色的有效的风险评估机制和技术。

针对上述问题,我国在借鉴国外发达国家和组织对化学品进行风险评估和管理经验的基础上,应努力缩小同发达国家在该方面的差距,减少化学品诱发的健康和生态安全事故。在将化学品风险评估和风险管理的由传统的以污染治理为导向的“被动型”模式向以风险预警为导向的“主动型”模式的转

变过程中,还应该:

1)加快化学品环境管理立法进程。国务院颁布实施的《危险化学品管理条例》是目前我国现行最具法律效力的有关化学品风险管理和指导的准则。以该条例为基础,围绕化学品管理和评估的各部门也颁布实施了形式不同和内容各异的管理办法和评估手段,但这些管理制度和指南尚未上升到法律层面,因此在可以预见的未来,在借鉴国际化学品环境管理立法动态的基础上,加快构建以化学品环境风险评估结果为基础的化学品健康风险和环境风险控制法规;

2)建立和健全化学品风险评估技术规范体系。为保证评估结果的可靠性和可比性,应建立完善的化学品风险评估技术规范体系。在借鉴发达国家和组织较为成熟的指南、模型和数据库同时,更多以国内已有的研究成果为基础,综合考虑我国生态环境和工业行业的实际情况,逐步制定和完善具有普遍指导意义的化学品风险评估技术指南,开发我国化学品危害性数据库,制订适合我国国情的 PBT 和 vPvB 判别标准;在充分考察和研究我国不同环境和地域尺度下生态系统暴露模型和人群参考暴露剂量的基础上,开发我国化学品生产使用排放情况数据库;

3)加强基础能力建设。在组织和管理上,以化学品风险管理和评估为主题,以人体健康和生态环境保护为最终目的,开展专项研究解决目前在风险评估中遇到的关键技术问题,加强化学品风险评估相关的专业人才培养、专业科研机构等基础能力建设,合理高效开展化学品生态危害性评价、暴露评估、特征污染物环境监测与分析等关键技术的研究。

通讯作者简介:王利兵(1967—),男,危险化学品及包装科学博士,教授,研究员,主要研究方向为食品安全与危险化学品及其包装。

参考文献(References):

- [1] United Nations Environmental Programme. Global Chemicals Outlook: Towards Sound Management of Chemicals [M]. Nairobi, Kenya: GPS Publishing, 2013: 11-19
- [2] United Nations Environmental Programme. Strategic Approach to International Chemicals Management [M]. Geneva, Switzerland: United Nations Environmental Programme, Chemicals Branch, 2006: 3-125
- [3] Lawrence R A, Schaefer C. Industrial Chemicals and

- Environmental Contaminants, in *Drugs during Pregnancy and Lactation*[M]. Schaefer C, Peters P, Miller R K. ed. Third Edition. San Diego: Academic Press, 2015: 847 – 861
- [4] 国家安全生产监督管理总局. 国家安全生产监督管理总局政府网站事故查询系统[OL]. (2014-10-23) [2014-10-23]. <http://media.chinasafety.gov.cn:8090/iSystem/shigumain.jsp>
- [5] 王恒志, 刘巍巍. 昆山一金属制品厂爆炸多人伤亡[OL]. (2014-08-02) [2014-10-31]. http://news.xinhuanet.com/energy/2014-08/02/c_126825500.htm
- [6] 腾格里沙漠遭工业污染:管道插沙中散发着恶臭(图)[OL]. (2014-09-06) [2014-10-31]. http://news.xinhuanet.com/energy/2014-09/06/c_126960950.htm
- [7] 台湾查获“百 t 级”馊水油混制食品油案件[OL]. (2014-09-05) [2014-10-31]. <http://politics.people.com.cn/n/2014/0905/c70731-25607476.html>
- [8] Tao M H, Chen L F, Xiong X Z, et al. Formation process of the widespread extreme haze pollution over Northern China in January 2013: Implications for regional air quality and climate [J]. *Atmospheric Environment*, 2014, 98: 417 – 425
- [9] 国家环境保护总局. 国家环境保护总局文件 环管[1994]140 号 化学品首次进口及有毒化学品进出口环境管理规定[S/OL]. (1994-03-16) [2014-10-31]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_172481.htm
- [10] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国国务院令 第 344 号 危险化学品安全管理条例[S/OL]. [2014-10-31]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61929.htm
- [11] European Communities. Council Directive of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances [S]. *Official Journal of the European Communities*, 1967, No 196/1: 234 – 256
- [12] European Union. Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006 [S]. *Official Journal of the European Union*, 2008, L353/1 – L353/1355
- [13] European Communities. European Commission Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and Commission Regulation (EC) No 1488/94 on risk assessment for existing substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market [S]. Italy: European Commission Joint Research Centre, 2003
- [14] European Union. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC [S]. *Official Journal of the European Union*, 2006, L396/1 – L396/849
- [15] Chemical Safety Office, Chemical Management Policy Division, Manufacturing Industries Bureau Ministry of Economy, Trade and Industry. Chemical Substances Control Law [S]. Japan: Chemical Safety Office, Chemical Management Policy Division, Manufacturing Industries Bureau Ministry of Economy, Trade and Industry, 2010
- [16] US EPA. Toxic Substances Control Act [S/OL]. (2014-07-14) [2014-10-31]. <http://www2.epa.gov/laws-regulations/summary-toxic-substances-control-act>
- [17] 国家环境保护总局. 国家环境保护总局文件 环管[1994]140 号 化学品首次进口及有毒化学品进出口环境管理规定[S/OL]. (1994-03-16) [2015-01-14]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_172481.htm
- [18] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国国务院令 第 591 号 危险化学品安全管理条例[S/OL]. [2014-10-31]. http://www.gov.cn/flfg/2011-03/11/content_1822902.htm
- [19] 环境保护部. 环境保护部 海关总署 公告 2013 年第 85 号 关于发布《中国严格限制进出口的有毒化学品目录》(2014 年)的公告[S/OL]. (2013-12-30) [2014-10-31]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201312/t20131231_265886.htm
- [20] 国家环境保护总局. 国家环境保护总局令 第 27 号 废弃危险化学品污染环境防治办法[S/OL]. (2005-08-30) [2014-10-31]. http://www.zhb.gov.cn/info/gw/juling/200508/t20050830_70766.htm
- [21] 国家环境保护总局. 国家环境保护总局令 第 17 号 新

- 化学物质环境管理办法[S/OL]. (2003-09-12) [2014-10-31]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2004/content_62688.htm
- [22] 环境保护部. 环境保护部令 部令第7号 新化学物质环境管理办法[S/OL]. (2010-01-19) [2014-10-31]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bl/201002/t20100201_185231.htm
- [23] 国家经济委员会、对外经济贸易部、交通部、国家进出口商品检验局. 国家经济委员会、对外经济贸易部、交通部、国家进出口商品检验局颁发 海运出口危险货物包装检验管理办法(试行)[S/OL]. (2012-01-14) [2014-10-31]. http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/xxgkztl/zcfg/200610/t20061026_4825.htm
- [24] 国家质量监督检验检疫总局. 国家质量监督检验检疫总局公告 2012 年第 30 号 关于进出口危险化学品及其包装检验监管有关问题的公告[S/OL]. (2012-03-13) [2014-10-31]. http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/jlgg_12538/zjgg/2012/201203/t20120313_239029.htm
- [25] 中国国家标准化管理委员会. 中国国家标准化管理委员会国家标准查询[OL]. [2014-10-31]. <http://www.sac.gov.cn/SACSearch/outlinetemplate/gjbzcx.jsp>
- [26] Wang H, Yan Z G, Li H, et al. Progress of environmental management and risk assessment of industrial chemicals in China [J]. *Environmental Pollution*, 2012, 165: 174 – 181
- [27] Si H, Ji H, Zeng X H. Quantitative risk assessment model of hazardous chemicals leakage and application [J]. *Safety Science*, 2012, 50(7): 1452 – 1461
- [28] Liu G S, Yu J G. QSAR analysis of soil sorption coefficients for polar organic chemicals: Substituted anilines and phenols [J]. *Water Research*, 2005, 39(10): 2048 – 2055
- [29] Chen J N, Yu H X, Liu Y, et al. Ecotoxicological evaluation of 4-aminobiphenyl using a test battery [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2004, 58(1): 104 – 109
- [30] Yang T. Dynamic assessment of environmental damage based on the optimal clustering criterion – Taking oil spill damage to marine ecological environment as an example [J]. *Ecological Indicators*, 2015, 51: 53-58
- [31] Wu S, Xia X, Yang L, et al. Distribution, source and risk assessment of polychlorinated biphenyls (PCBs) in urban soils of Beijing, China [J]. *Chemosphere*, 2011, 82(5): 732 – 738
- [32] Zhang L, Liu J, Hu J, et al. The inventory of sources, environmental releases and risk assessment for perfluorooctane sulfonate in China [J]. *Environmental Pollution*, 2012, 165: 193 – 198
- [33] Zhao Y G, Wan H T, Law A Y S, et al. Risk assessment for human consumption of perfluorinated compound-contaminated freshwater and marine fish from Hong Kong and Xiamen [J]. *Chemosphere*, 2011, 85(2): 277 – 283
- [34] Zeng L X, Wang T, Ruan T, et al. Levels and distribution patterns of short chain chlorinated paraffins in sewage sludge of wastewater treatment plants in China [J]. *Environmental Pollution*, 2012, 160: 88 – 94
- [35] Liu G N, Yu Y J, Hou J, et al. An ecological risk assessment of heavy metal pollution of the agricultural ecosystem near a lead-acid battery factory [J]. *Ecological Indicators*, 2014, 47: 210 – 218
- [36] Liu L P, Li S X, Fan T J, et al. Transportation risk assessment of chemical industry supply chain based on a dual model [J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 11: 393 – 397
- [37] Peng J F, Song Y H, Yuan P, et al. An novel identification method of the environmental risk sources for surface water pollution accidents in chemical industrial parks [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2013, 25(7): 1441 – 1449
- [38] Wei R G, Zhao Y X, Liu P Y, et al. Determination of environmentally relevant exposure concentrations of polybrominated diphenyl ethers for *in vitro* toxicological studies [J]. *Toxicology in Vitro*, 2010, 24(4): 1078 – 1085
- [39] Liu A H, Wu C, Peng X Q. Research on area risk assessment for chemical park based on Domino Effect Model [J]. *Procedia Engineering*, 2012, 45: 47 – 52
- [40] Jiang J P, Wang P, Lung W S, et al. A GIS-based generic real-time risk assessment framework and decision tools for chemical spills in the river basin [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2012, 227 – 228(15): 280 – 291