

放射性物质运输

安全导论

汪佳明 张建岗 赵 兵 等著



原子能出版社

放射性物质运输安全导论

汪佳明 张建岗 赵 兵 等著

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

放射性物质运输安全导论/汪佳明等著. —北京:

原子能出版社, 2006. 3

ISBN 7-5022-3580-9

I. 放… II. 汪… III. 放射性物质-危险货物运输-安全管理 IV. TL93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 014704 号

内 容 简 介

本书包括有关放射性物质运输的综述、安全分析、环境影响评价、安全管理、辐射防护实践与经验, 以及有关放射性物质运输的国际动态等内容。

本书涉及的面较广, 既介绍了有关放射性物质运输的分析、评价的方法, 又介绍了实际的工作和经验; 同时介绍了放射性物质运输的概况、安全管理和国际动态。希望本书的出版对促进核工业和核技术应用的健康发展、保证放射性物质运输安全发挥积极的作用。

本书可供从事核工业, 特别是核电、核技术应用、环保和卫生部门工作的广大科技人员和管理人员参考, 也可供大专院校有关专业的师生阅读和参考。

放射性物质运输安全导论

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 邮编:100037)

责任编辑 卫广刚

责任校对 冯莲凤

责任印制 丁怀兰

印 刷 保定市印刷厂

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

字 数 303 千字

印 张 12.125

版 次 2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5022-3580-9

印 数 1—800

定 价 45.00 元

版权所有 侵权必究 网址: <http://www.aep.com.cn>

《放射性物质运输安全导论》

作 者

(按姓氏笔画为序)

马成辉	王 欣	王学新	王彩霞	王维善	尹远淑
邓 戈	卢 庆	任泽忠	刘学成	汤荣耀	许德祐
李玉成	李守平	李学群	李国强	李继开	李晓清
杨艳军	汪佳明	张建岗	张斌全	张清轩	陈 式
范深根	林选明	赵 兵	赵景泉	姜扶英	郭明强
郭亮天	钱 忠	钱天伟			

序

在核能开发和核电发展、放射性同位素和辐射技术在国民经济各个领域的应用中均存在放射性物质运输问题,放射性物质运输直接关系到运输工作人员和公众的健康、财产和环境的安全。

运输容器是放射性物质运输安全的前提,而对放射性物质运输涉及的所有作业(包括包装的设计、制造、维修和修理,以及放射性物质的货物和货包的准备、托运、装载、运载,卸载和最终目的地的接收)的审批、监管是保证放射性物质运输安全不可或缺的条件。

我国党和政府十分重视放射性物质运输的安全。已初步建立了一套安全监管体制和法规体系,组织开展了放射性物质运输安全方面的研究。自20世纪50年代末开始放射性物质运输以来,没有发生过对环境造成严重影响的安全事故,放射性物质运输的安全记录是良好的。

为了提高放射性物质运输的安全率,使我国的放射性物质运输业更好地与国际接轨,有必要总结我们过去在运输安全方面所做的工作,认识尚存在的缺陷和不足,以有利于加强放射性物质运输安全方面的工作。

本书的编辑、出版在这方面做出了尝试。它既介绍了国外的运输安全研究方法,又反映了国内已经获得的实践经验。希望本书的出版对放射性物质运输业的发展发挥积极的促进作用。

潘自強

2006年1月

前 言

放射性物质运输一直受到国际社会与公众的关注。IAEA(国际原子能机构)非常重视放射性物质安全运输,早在1961年就以IAEA安全丛书第6号发表了《放射性物质安全运输条例》(以下简称《条例》)。随着科学技术的发展,放射性物质运输业的扩大及其运营经验的积累,IAEA不断地修订或全面修订《条例》。至1996年,已出版了第五个全面修订版。由于有了这样一个《条例》,IAEA成员国和与放射性物质运输有关的国际组织及地区性组织执行了《条例》或执行了以《条例》为基础的各自运输规程,在世界范围内,放射性物质运输保持了良好的安全记录。

我国的放射性物质运输始于20世纪50年代末期。当时每年运输的放射性货包的件数和类型都很少。在20世纪60~80年代,放射性物质的运输容器和放射性物质的装运都没有履行审批程序。随着放射性同位素和辐射技术在工业、农业、医学、科学研究、教育等部门的广泛应用,以及核能的开发和核电事业的发展,放射性物质货包的运输量与日俱增。1989年11月21日,国家技术监督局发布了国家标准《放射性物质安全运输规定》(GB 11806—89),它是我国放射性物质运输史上第一部适用于陆地、水上和空中所有运输方式的统一的综合性标准。从此,主管部门开始对放射性物质运输进行安全监管。经过20多年的努力,已初步建立了一套安全监督管理体制和相关的法规体系。随着放射性物质运输业的发展,开展了放射性物质运输的安全分析和环境影响评价方法的研究,进行放射性物质运输容器和装运的安全分析和环境影响评价等工作。迄今,已取得初步经验,为今后进一步的研究奠定了基础。

中国辐射防护研究院较早地认识到放射性物质运输的安全(运输安全)是辐射防护与核安全的重要组成部分,从1984年就投入到这个领域开展相关的工作。以参与翻译IAEA的《条例》,编制我国国标《放射性物质安全运输规定》(GB 11806—89)为起点,代表中国参加IAEA有关放射性物质运输的协调研究项目(先后参加“放射性物质运输事故中的辐射防护问题”、“放射性物质安全运输概率安全评价技术的开发”、“定量放射性物质运输风险的有关事故数据的开发”),移植IAEA提供给成员国的用于评价放射性物质运输辐射影响的程序,并在国内推广应用。同时开展放射性物质运输事故分析及后果评价方法的研究,并将它们应

用于核电站燃料组件和乏燃料运输的安全分析和环境影响评价。

本书是中国辐射防护研究院的科研工作者在近二十年来撰写或参与撰写的有关放射性物质安全运输方面文章的汇总(在编辑本书时对过去发表的文章进行了筛选,并将马成辉、李晓清的各一篇文章纳入本书)。总结我们在这个领域里走过的路程,以激励大家为了满足我国放射性物质运输业的发展需要而更加努力地工作,同时也供同行们参考。

本书分为七个部分。第一部分是放射性物质运输的综述;第二部分是放射性物质运输安全分析和环境影响评价方法的移植和开发;第三部分是上述安全分析和环境影响评价方法的实际应用;第四部分是放射性物质运输中辐射防护的实践和经验;第五部分是放射性物质运输安全监督管理(暨放射性物质运输恐怖事件管理);第六部分介绍了 IAEA 有关放射性物质运输的动态和消息;第七部分附录给出了与本书有关的术语,它们摘自国标 GB 11806—2004,有助于不是专门从事放射性物质安全运输工作的读者理解本书的内容。

虽然本书的内容涉及面较广,但目前尚缺乏放射性物质运输容器安全研究、放射性物质安全运输管理系统和数据库方面的文章。这是由于有的工作我们正在进行,有的工作只是初告段落,有的工作正在筹划等。许多科研工作成果和实践的经验有待今后总结,充实本书的内容。

放射性物质安全运输是涉及学科较多的领域,由于作者的知识有限,本书的错误和不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

汪佳明 张建岗 赵 兵

2006 年 1 月

目 录

一、综 述	(1)
中国放射性物质运输概况	(1)
放射性物质运输与环境安全	(7)
核电厂的中低放固体废物的厂外运输问题	(11)
二、安全分析与环境影响评价方法	(17)
放射性物质运输的概率安全分析(PSA)方法	(17)
放射性物质运输事故分析及后果评价方法	(24)
《INTERTRAN》程序在 VAX-II 机上的开发	(32)
RADTRAN 4.0 程序简介	(37)
放射性物质运输辐射影响评价系统的发展	(39)
RADTRAN 4.0 程序的移植和应用	(42)
放射性物质运输评价系统 INTERTRAN 2 程序的移植	(46)
评价放射性物质运输辐射影响的 INTERTRAN 2 程序的应用	(50)
三、放射性物质运输安全分析和环境影响评价	(53)
用 INTERTRAN 程序评价我国 1988 年铀矿石及其浓缩物运输对工作人员和居民的 辐射影响	(53)
我国核电站燃料组件运输对环境的辐射影响	(59)
乏燃料运输的故障树分析	(64)
我国高放废液运输的安全性	(69)
我国高放废液运输的严重事故辐射影响后果分析	(74)
Environmental Impact Assessment of Radioactive Material Transport in the Nuclear Industry in China over the Past 30 Years	(82)
关于编写放射性物质运输环境影响报告书需要注意的问题	(88)
四、辐射防护实践与经验	(91)
大亚湾核电站乏燃料运输的辐射防护实践与经验	(91)
NAC-STC 乏燃料运输容器中燃料管源项估算	(98)
五、安全管理	(106)
放射性物质安全运输的监督管理	(106)
我国放射性物质运输安全监管中的主要问题和基本对策探讨	(115)
我国乏燃料运输体系建设与实践若干问题的研究	(123)
修订 GB 11806—89《放射性物质安全运输规定》有关问题的讨论	(133)
遵循审批要求,规范审批程序,提高放射性物质运输安全	(138)

关于放射性物质运输安全管理若干问题的讨论·····	(143)
放射性物质运输安全数据库的开发·····	(147)
放射性物质运输恐怖事件管理·····	(152)
六、国际动态和消息	(157)
近来放射性物质包装和运输的国际动向·····	(157)
放射性物质运输危害评价技术的进展·····	(163)
IAEA 放射性物质安全运输规程修改的第一次顾问组会议在维也纳召开	(166)
关于放射性物质安全运输的新进展——IAEA 第九次 SAGSTRAM 会议报道 ...	(167)
IAEA《放射性物质安全运输规程》(1985 年版)修订工作的进展	(169)
IAEA 修订《放射性物质安全运输规程》(1985 年版)的第 4 次技术委员会会议 ...	(170)
编制 IAEA《放射性物质安全运输规程》的支持性文件的技术委员会会议	(171)
关于放射性物质运输方式问题的顾问组会议·····	(172)
IAEA 运输安全数据库技术委员会会议情况介绍及建议	(174)
关于 IAEA 考虑审评和修订放射性物质安全运输规程(ST-1)的技术委员会会议的介绍 ·····	(177)
七、附录 术语	(179)

一、综 述

中国放射性物质运输概况

本文介绍了中国放射性物质运输概况(除台湾省外)。目前,全国放射性物质货包的年运输量约 10 万件,总放射性活度为 1.8 PBq,运输的放射性同位素主要是 ^{131}I 、 ^{32}P 和 ^{198}Au 等。承运人员的年剂量当量是相当低的,一般小于 5 mSv。由于十分重视放射性物质的安全运输,所以没有发生过严重事故。文中还讨论了放射性物质运输中的防护问题。

关键词:运输;放射性物质;管理;规程;防护原则

随着放射性物质在工业、农业、医学、科研、教育等部门的日益广泛的应用,以及核能的开发和利用,放射性物质运输的数量和品种不断增加。放射性物质运输中的安全问题已成为一个世界关注的问题。因此,必须对放射性物质运输中的辐射防护问题给予足够的重视。

搞清放射性物质运输的现状,对加强放射性物质运输中的辐射防护工作,提高运输安全率具有重要的意义。本文主要介绍我国放射性物质运输的概况,并讨论了如何加强放射性物质运输中辐射防护工作的问题。

1 放射性货包运输概况

1.1 运输量

中国放射性物质货包的运输开始于 20 世纪 50 年代末期。当时每年运输的放射性物质货包件数很少,放射性同位素制品的品种只有 20 多种。随着国内放射性同位素生产和应用的迅速发展,放射性物质货包的运输量有较大增长。例如,中国原子能科学研究院生产的放射性同位素及其制品的货包件数从 1959 年的 200 件增加到 1984 年的 81 300 件(见图 1);该院生产的放射性同位素的种类 1959 年为 5 种,1984 年增加到 214 种(见图 2);放射性同位素制品的种类已增加到 300 多种。目前,全国以各种运输方式运输的各类放射性货包的年运输量约 10 万件,其中工业、农业、医学和科研上用的放射性货包约占 98%以上,核医学中用的最多,约占 60%。每年运输的放射性货包的总活度约为 1.8 PBq,运输的放射性核素主要有 ^{131}I 、 ^{32}P 和 ^{198}Au 等。

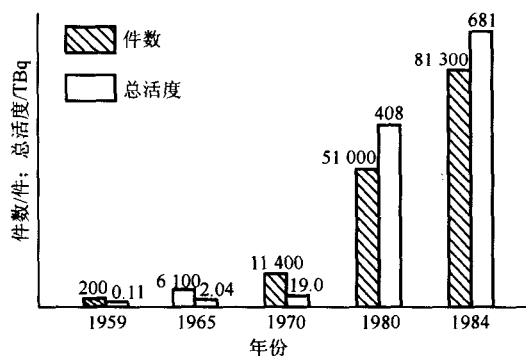


图1 中国原子能科学研究院生产和分发的放射性同位素及其制品的件数和总活度

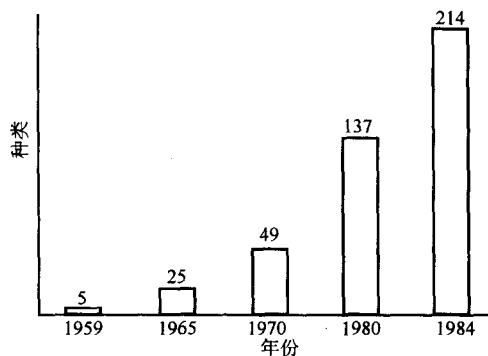


图2 中国原子能科学研究院生产的放射性同位素种类

1.2 运输等级

近10年来,放射性同位素货包的承运量有较大幅度的增长。按中国现行的对放射性货包划分的运输等级,1984年各运输等级的货包的比例列于表1。由表1可见,I级(白色)货包的比例最大,占货包总件数的91.1%;Ⅲ级货包最少,只占0.2%。对外照射水平较高或放射性活度较大的货包经常安排为专载运输,即指托运人完全占用运输工具或大集装箱。

表1 1984年各运输等级的货包比例

运输等级	I	II	III	IV(专载)	合计
货包件数/ 10^3 件	94.9	2.6	0.2	6.5	104.2
件比例/%	91.1	2.5	0.2	6.2	100

1.3 运输方式

表2列出了1984年不同运输方式的货包比例。统计表明,中国目前货包的运输方式主要是铁路运输。由于在邮寄的货包中绝大部分货包也是通过铁路运达目的地的,所以铁路运输的货包件数实际上占货包总件数的90%以上。表2中的公路运输件数,不包括货包以铁路、航空、海运或邮寄时所需配合的短途公路运输货包。

表2 1984年不同运输方式的货包比例

运输方式	铁路	邮寄	航空	公路和海运	合计
货包件数/ 10^3 件	48.5	46.8	3.2	5.7	104.2
件比例/%	46.5	44.9	3.1	5.5	100

1.4 货包的包装

为了确保安全运输,对各类包装提出了不同的要求。例如,对 ^{14}C 、 ^{55}Fe 、 ^{60}Co 和 ^{226}Ra 等放射源,要求装入由玻璃、塑料或金属制成的内容器中,严密封口(装有气体、液体的放射性同位素的内容器必须是金属的,并烧焊密封),再装入金属或塑料制成的外容器内,空隙处用松软或吸附性好的材料填实。外容器盖子拧紧固定后,再加金属箱、塑料袋(桶)或木箱等外层包装。目前我国用于运输各种放射性同位素产品的包装约有 20 余种。

2 承运人员受照射剂量

2.1 专载运输

专载运输的装卸和押运一般均由发货单位承担。对专载运输的承运人员通常都进行了个人剂量监测。表 3 列出了 1984 年中国原子能科学研究院同位素承运人员所受的年剂量当量。由表 3 可看出,放射性物质运输人员所受的辐射剂量是相当低的。

表 3 1984 年中国原子能科学研究院承运人员的受照剂量

工种	监测人数	年集体剂量当量/人·mSv	平均年剂量当量/mSv	最大年剂量当量/mSv
搬运工	7	14	2.0	5.2
司机 ¹⁾	11	17	1.5	4.8
铲车工	1	0.50	0.50	
总计	19	31	1.6	5.2

1) 司机也经常从事搬运工作。

2.2 一般运输

对放射性物质货包一般运输中的非专门人员,没有进行系统的个人剂量监测。由于这些人员装运的货包绝大部分是外照射辐射水平很低的 I 级(白色)货包,且操作次数少,操作时间短,所以他们所受的年剂量当量是很低的。

3 运输规程

3.1 有关部门的现行规定

在铁路运输方面,1961 年制定了内部试行规定,于 1972 年作了修改,在交通部《危险货物运输规则(试行)》中将放射性物质作为第十类危险物品,对其豁免限值、货包内容物限量(见表 4)、包装分类、包装要求和运输中的要求等作了规定。1985 年铁道部重新制订了《铁路危险货物运输规则》(征求意见稿)。1979 年中国民用航空总局颁布了《中国民用航空化学物品运输规定(试行)》,其附录五即为“航空运输放射性同位素的规定”,除了对运输等级、包装要求、托

运与收运要求以外,对各种机型装载位置和件数也作了规定。1983 年卫生部和邮电部联合颁布了《放射免疫测定邮寄办法(试行)》,规定放射性活度小于 0.2 mCi(表面剂量当量率小于 $1.3 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)的 ^{125}I 核素货包才可以在指定邮局办理邮寄。在公路运输方面,目前只有交通部《公路危险货物运输规则》(征求意见稿,1984 年)。在水路运输方面,有交通部《船舶装载危险货物监督管理规则》(1982 年),它没有对放射性物品制订专门的规章法则,只是按一般危险货物运输对待。

表 4 放射性货物装载限额表

运输包装等级	物理状态	每件货物的最大放射性活度/Ci	零担一批托运或在一辆零担车内, 一个船舱内装载的最多件数/件
一	块状固体	25	40
	粉末、晶粒或液体	1	40
二	块状固体	25	10
	粉末、晶粒或液体	1	10
三	块状固体	35	2
	粉末、晶粒或液体	1	2

3.2 现行规定中存在的问题

(1) 有关限值与 IAEA 第 6 号安全丛书《放射性物质安全运输规程》的规定有一定差异。例如豁免限值、运输等级、货包表面放射性污染限值和单件货包内放射性活度限值等。这些差异的存在,不利于国际交往。

(2) 对包装的设计和试验尚缺少统一的明确法定要求。例如包装不分类型,试验项目也无明确要求。

(3) 管理措施不严格。例如对包装的设计、对运输方式和路线的审批无明确规定,审批部门及其组织机构不明确。再譬如,在承运放射性货包的运输站中,约 30% 的运输站设置了专用库或专用货位,但设备条件还不完善。在承运站中,配有受过辐射防护专门训练的承运人员的极少。辐射防护监测一般由地方卫生防疫部门承担,但尚未建立完善的监测制度。

(4) 内容不够健全。例如运输车站的辐射防护条件,运输中的辐射防护监测等均没有明确规定。

为了适应我国放射性物质安全运输的需要,发展已经开展的国际交往和联运,在国家标准局、国家核安全局和国家环保局的支持下,1984 年底成立了一个专门工作组,在研究国内外的放射性物质运输的情况和经验的基础上,编制了《放射性物质安全运输规定》(以下简称《规定》),《规定》采纳了 IAEA 第 6 号安全丛书《放射性物质安全运输规程》的基本原则和技术标准。

4 运输事故

4.1 事故类型

由于十分重视放射性物质运输的安全,30 年来没有发生过严重的事故。从北京、上海、辽

宁三省市和中国原子能科学研究院收集到的主要运输事故共 18 起(见表 5)。这些事故都是在铁路运输和公路运输中发生的。海上、内河、航空和邮寄运输中未发生过事故。从表 5 可见,运输事故中放射性物质污染运输工具和作业场所等的表面污染事故最多,占事故总数的 55.5%。其次是丢源事故(27.8%)。在所有的丢源事故中,丢失的放射源的活度都是小于 10^8 Bq 量级的。由于尚未发生过强辐射源方面的运输事故,所以这些事故均未造成严重的辐射伤害和环境污染。然而,由于运输事故往往发生在居民生活或活动的地方,因此对公众产生的心理影响是不可忽视的。

表 5 18 起事故的分类统计

类型	外照射	空气污染	表面污染	丢源	总计
次数	2	1	10	5	18
比例/%	11.1	5.6	55.5	27.8	100

4.2 事故原因分析

18 起事故的主要原因分析见表 6。其中因设备缺陷造成的事故次数最多,占事故总数的 55.5%。因违反规程造成放射源从铅罐中掉出来的事故发生率较高,在这 18 起事故中占 5 起。这与没有很好地总结经验教训,并及时采取防范措施有关。

表 6 18 起事故的主要原因分析

事故原因	违反运输规程	操作失误	设备缺陷	其他原因	总计
次数	5	1	10	2	18
比例/%	27.8	5.6	55.5	11.1	100

5 加强放射性物质运输中的辐射防护工作

为了适应国内放射性物质货包运输量的日益增长,以及对外开放后放射性物质进出口增加的需要,必须加强放射性物质运输中的辐射防护工作,以提高运输安全率,并将承运人员的受照剂量降低到可合理做到的尽可能低的水平。

5.1 应尽快颁布《规定》,加强放射性物质运输的监督管理

在国际上,放射性物质运输保持了一个很好的安全记录,现有的资料表明至今尚未发生过导致对广大公众严重照射的放射性物质运输事故或事件。这是因为世界上有一个完善的、国际承认的规程,即 IAEA 第 6 号安全丛书《放射性物质安全运输规程》(第一版于 1961 年发表,最新的版本于 1985 年发表)。目前,我国正编制、审批《放射性物质安全运输规定》,各部门将以此为基础制定各类运输方式相应的规定、实施细则或管理办法。

放射性物质的承运部门、运输的主管部门和监督部门都应遵循《规定》和国家有关法规,加强监督管理,对货包设计、放射性物质的装运进行审批,确保放射性物质的运输安全。

5.2 积极开展运输容器的系列化、标准化工作,建立包装的试验装置和手段,开展货包的试验工作

运输容器的安全可靠性是安全运输的重要前提。应建立国家运输容器和包装检验中心,作为主管部门的技术依靠单位,为主管部门和监督部门审批货包设计和放射性物质装运提供技术检验报告。由于目前国内大部分放射性货包为 A 型货包,而且 A 型货包的试验装置较为简单,所以首先建立 A 型货包的试验装置,开展 A 型货包的试验工作不但是迫切需要的,而且是实际可行的。

5.3 开展放射性物质运输方面的研究工作

5.3.1 放射性物质运输中的辐射防护最优化

在放射性物质运输的实践过程中,同样应遵循辐射防护的基本原则。辐射防护最优化(即 ALARA 原则)可应用于运输的整个过程,即设计、包装、装卸、贮存和装运过程等。

现举一个实例加以说明。若考虑几十个 A 型货包用送货车由一个司机和一个助手公路运输的情况。在运输期间,职业照射主要取决于运输方式和运输工人接近货包的程度。辐射照射可通过对下述一些方案的选择降到尽可能低的程度。

(1) 装货方法。先装表面剂量率低的货包,后装表面剂量率高的货包,而且将表面剂量率高的货包放在离司机舱最远的位置。这种装货方法不但降低了司机和助手的受照剂量,同时也降低了装卸工人所受的剂量。

(2) 增加司机舱的屏蔽,降低司机和助手的受照剂量,但增加了成本。

(3) 可采用几辆送货车和较多的装卸工人装运这些货包,从而降低了个人剂量,但增加了成本,而且还可能由于装卸工人技术熟练程度的不同而增加集体剂量。

(4) 用外包装包住几个 A 型货包,既便于操作,又缩短了装载时间从而降低了装卸工人的受照剂量,等等。

5.3.2 放射性物质运输的危害评价

1983 年,IAEA 向其成员国提供了 INTERTRAN 计算机程序,用于评价由于放射性物质运输引起的辐射影响。在正常运输情况下,可用它来估算运输工人和不同居民组的集体剂量;在事故情况下,除用它估算个人剂量外,还用于确定健康效应的年期期望值(早期死亡,早期发病率,晚期癌症死亡,以及遗传效应)。这样,可以将 INTERTRAN 程序计算的结果与以往采用的估算方法所得到的结果进行比较,也可同世界上其他国家的数据进行比较,从而研究如何进一步提高放射性物质运输的安全率和降低辐射剂量。

5.4 加强对运输人员的教育与培训

对从事放射性物质运输的司机和其他运输人员必须给予定期的教育和培训,因为他们参与货包运送的全过程。运输人员应具有运输规定和辐射防护的基本知识,明白自己的责任,遵循运输规定的要求。运输人员还应接受实际操作训练,让他们懂得自己所从事的工作的潜在危险,以及在发生事故时他们该做些什么和应该如何做。

[范深根,汪佳明,刘学成,等.《辐射防护》,1989,9(1):12]

放射性物质运输与环境安全

本文用实际事例说明:只要包装的设计和试验符合《放射性物质安全运输规程》的要求,则放射性物质运输事故不会对工作人员、公众和环境产生显著的影响。

关键词:放射性物质;运输;事故;环境

1 引言

由于放射性物质在工业、农业、医学、科学研究等领域中的日益广泛应用以及核能的开发和利用,放射性物质的运输量日趋增加。据估计在 20 世纪 80 年代初世界上放射性物质运输量为 1 800 万至 3 800 万件货包,所运输的物质从含有少量放射性物质的火焰报警器到十分有害物质,例如辐照核燃料。这些货包可通过铁路、公路、水路、航空、邮寄等多种方式运输,成为国内装运或国际装运。我国放射性物质货包的运输开始于 20 世纪 50 年代末,估计目前以各种运输方式的各种类型货包年运输量约为 10 万件。其中工、农、医和科研用途的放射性货包占 98% 以上^[1],其余的 1% 是核工业燃料循环系统中的核材料装运。尽管核材料的装运只占整个放射性物质运输的很小部分,但其运输的物质是十分有害的,故受到各国公众的关注。

美国三哩岛核电站事故和前苏联切尔诺贝利核电站的灾难性事故并没有改变核能发展的趋势,世界上许多国家没有改变他们的核电政策,特别是那些能源缺乏的国家。例如英国、法国、瑞士、意大利、日本等。估计到 2000 年,全世界核电发电量将达到总发电量的 25%。

就我国核电事业而言,自行设计制造的 30 万千瓦的秦山核电站已经并网发电,其二期工程两台 60 万千瓦压水堆核电机组已经立项。广东大亚湾核电站的两台 90 万千瓦机组将分别于 1993 年和 1994 年运行。到 2000 年,估计我国将建成 500~700 万千瓦的压水堆核电站。

由于上述原因,当今放射性物质运输安全已成为辐射防护领域中的一个重要组成部分,因为它与运输工人和公众的健康、环境保护、现代科学技术有着十分密切的关系。

我国政府十分重视放射性物质的运输安全,二十多年来发生的事故是不多的。从北京、上海、辽宁三省市和中国原子能科学研究院收集到的 18 起运输事故,都是在铁路运输方式和公路运输方式中发生的。海上、内河、航空和邮寄运输方式中都未发生过事故。北京、上海、辽宁三省市和中国原子能科学研究院的统计表明:运输事故(包括单位内部运输)约占全部辐射事故的 8%。运输事故中的放射性物质污染运输工具和作业场所等的事故最多,占事故总数的 55.5%;其次是丢失源的事故,占 27.8%。污染事故的污染地点主要是车站的仓库和交通工具,污染环境的极少^[1]。曾有一起汽车运输含镭新钍发光粉,因包装发光粉的玻璃瓶在途中破碎,又未及时发现,污染了 100 多千米的公路路

面,但幸好污染程度并不严重。

虽然至今尚未发生过造成严重辐射伤害和污染环境的运输事故,然而,由于运输事故往往发生在居民生活或活动地点,所以对公众的心理影响是较大的。

目前,尽管我国公众的“反核”力量不如西方国家的那么大,但公众对核电站灾难性事故的潜在可能性以及放射性废物的管理问题同样表示出高度的关切。放射性废物管理包括放射性废物从产生、处理、运输、贮藏、直至最终处置过程的技术性和行政性的管理两部分内容。

西方国家公众的核恐惧心理已经形成一股很强的反核力量,业已影响到其核电事业的发展。在我国,如果不及时地消除公众对核电安全性的忧虑(上述两个关切的问题),那么它可能影响我国核电事业的发展。

2 运输规程

在放射性物质应用和辐射技术应用中很早就认识到:为了保证安全运输(包括包装、装运、运输中操作和贮存各个环节),必须要有一套统一的规程。

国际原子能机构根据联合国经济社会委员会的危险货物运输专家委员会的建议,承担了编制各种运输方式的放射性物质运输的安全规则。

国际原子能机构推荐的《放射性物质安全运输规程》(安全丛书第6辑,以下简称为《规程》)的第一版于1961年出版。该规程在1964、1967和1973年修改过几次,以考虑科学和技术的发展、运输经验和适应实际的需要。1979年再版了经过全面复审后的规程。该规程的最近修订本于1985年出版^[2],作为机构活动或机构资助活动的规程以及作为全世界国内运输和国际运输的典范。1996年将推出《规程》的全新版本。

《规程》的目的在于保护运输工人和居民、财产和环境。为了帮助正确应用规程,国际原子能机构出版了一系列支持性文件^[3-5]。

国际原子能机构的《规程》已被联合国采用,也被几乎所有成员国采用或作为他们国家规程的基础,或被许多国际运输组织采纳和并入他们的管理文件中。

我国于1984年年底成立了编制组,在研究国内外有关放射性物质运输的情况和经验、等效采用IAEA安全丛书第6辑《放射性物质安全运输规程》(1985年版)的基础上,编制了我国的《放射性物质安全运输规定》^[6],已于1989年颁布,采纳了《规程》的所有技术指标。

3 运输经验

现有的资料表明,国际上从未发生过一次引起对大量居民严重照射和对环境有严重污染的放射性物质运输事故。这是因为有了IAEA的一部完善的国际公认的规程作为国际运输组织和IAEA成员国的运输文件的基础。

为安全起见,《规程》(《规定》)把安全可靠放在货包设计上,所以运输容器的安全可靠性是安全运输的前提。

4 事故实例

法国货轮蒙特-路易斯(Mont-Louis)在1984年8月25日与一艘名叫Olau Britannia汽车