

• 管理与改革 •

美国核电厂辐射环境监测与信息公开及其借鉴

黄彦君,上官志洪,周如明

(中广核集团苏州热工研究院,江苏 苏州 215004)

摘 要:综述了美国核电厂辐射环境监测管理体系和环境信息公开制度及法制化管理模式,对比分析了我国辐射环境监测与信息发布实际开展情况及存在问题,提出需借鉴美国核管理委员会(NRC,以下简称 NRC)的管理经验,进一步完善我国辐射环境监测标准体系,建立辐射环境监测数据公开制度,加强公众参与制度建设,明确核电厂辐射环境监测管理边界等建议。

关键词:核电厂;辐射环境监测;信息公开;美国

中图分类号:X837

文献标识码:C

文章编号:1006-2009(2013)04-0001-06

Operation Practice and the Experiences of the Environmental Radiation Monitoring of Nuclear Power Plant and the Information Disclosure System in the USA

HUANG Yan-jun SHANG-GUAN Zhi-hong ZHOU Ru-ming

(Suzhou Nuclear Power Research Institute CGNPG, Suzhou, Jiangsu 215004, China)

Abstract: The sophisticated management systems of environmental radiation monitoring of nuclear power plant and the comprehensive information disclosure system were established for a long time by Nuclear Regulatory Commission (NRC) in the USA. The managerial experiences are valuable for reference to placate public about the environmental safety issues of the construction and the operation of the nuclear power plant (NPP), especially of the inland NPP. It is suggested that the environmental information disclosure system should be established urgently in the situation of development of nuclear power in China, and special attention should be paid to that of the environmental radiation monitoring of NPP, such as the institutional improvement of standard, the management frame of the dual-monitoring mechanism of government and the operating enterprises.

Key words: Nuclear power plants; Environmental radiation monitoring; Information disclosure; USA

0 引言

美国是世界上最大的商用核能供应国,已经有 50 多年的商用核电厂运行历史,其中 39 个内陆核电厂至 2010 年底已经有约 2 000 堆年的运行经验。长期以来,美国 NRC 已建立了完善的核电厂环境辐射监测与管理体系,制定了环境辐射监测与评价的标准化规范,在核电厂环境信息、环境辐射监测信息公开及公众参与管理等,建立了严格的法规和程序。我国需要借鉴美国 NRC 的管理经验,建立我国核电厂环境信息公开制度,而环境辐射监测信息公开将是其中最重要的内容之一。

研究及综述 NRC 对于美国运行核电厂环境辐

射监测提出的监管要求、各运行核电厂的环境监测大纲及环境监测结果的分析与评价,以及美国辐射环境监测的信息公开制度,并与我国目前核电厂辐射环境监测要求进行对比,为我国核电厂辐射环境监测规范化管理和信息公开制度的建立提供参考。

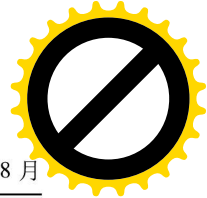
1 NRC 对核电厂环境辐射监测的要求

1.1 法规要求

按照美国联邦法规 10 CFR 50 的要求,美国核

收稿日期:2013-04-22;修订日期:2013-07-08

作者简介:黄彦君(1979—),男,江西万载人,高级工程师,博士,从事辐射环境监测与评价研究。



电厂必须建立环境辐射监测大纲 (REMP) 及放射性流出物监测技术规范 (RETS), 为场外剂量计算手册 (ODCM) 提供基础数据, 以用于评估核电厂排放放射性物质对公众可能造成的辐射影响, 确保核电厂排放放射性物质满足辐射防护原则中 ALARA (可合理达到的尽量低水平) 的要求。

美国 NRC 管理导则《核电厂环境技术规格书》(RG 4.8, 以下简称 RG 4.8) 规定了核电厂环境监管和控制的基本要求, 《核电厂辐射环境监测导则》(RG 4.1, 以下简称 RG 4.1) 规定了环境辐射监测的具体要求。

RG 4.8 提出核电厂所有环境相关的监管和控制要求包括热污染、用水影响、化学污染和放射性流出物污染等具体限值、辐射环境与非放环境监测要求, 有关组织、行动、报告、记录等管理方法的控

制要求等。RG 4.1 具体指出核电厂环境辐射监测要求, 对监测项目、取样介质、取样频次、分析能力、环境监测报告等提出了明确的规定。

除 RG 4.8 和 RG 4.1 外, 美国 NRC 导则 NUREG 1301 和 NURGE 1302 (以下分别简称 NUREG 1301, NURGE 1302) 分别对压水堆核电厂及沸水堆核电厂的流出物控制与环境控制 (包括监测) 提出了更为具体和明确的规定, 是美国核电厂辐射环境监测直接指导性规范文件^[1-2]。

1.2 美国核电厂环境辐射监测内容

美国核电厂的环境辐射监测内容, 总体上是按照放射性流出物可能造成公众辐射照射的途径确定的, 以用于 NRC 规范化的厂外公众剂量评估。表 1 给出了 RG 4.1 规定的辐射途径监测要求。

表 1 美国核电厂辐射照射途径监测要求

Table 1 Asked the United States nuclear power plant radiation exposure pathway monitoring

流出物类型	照射途径	监测样品介质
液态流出物	食入	饮用水
	食入	水生食品
	地面外照射	岸边沉积物
	食入	灌溉食品
惰性气体 (气态流出物)	γ 空气	空气 (仅对烟囱高度 > 80 m)
	空气 β 和 γ	空气
	烟羽浸没外照射	空气 (仅对烟囱高度 > 80 m)
		空气 (仅对烟囱高度 > 80 m)
		空气
排放到空气中的粒子、碘和氙 (气态流出物)	地面外照射	空气
		表层土
	吸入	空气 (粒子、碘、氙)
	食入	食品 (包括农产品、牛奶、蔬菜、肉类)
其他	直接外照射	TLD (其他可替代方法亦可)

美国核电厂辐射环境监测相关内容在 NURGE 1301 和 NUREG 1302 中有明确的规定^[1-2], 包括主要监测项目、频次、布点要求等。需要指出的是美国相关法规未对内陆核电厂的环境辐射监测提出特殊的要求。

1.2.1 贯穿辐射

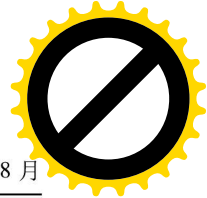
NURGE 1301 规定压水堆核电厂贯穿辐射监测应设置 40 个常规监测位置 (DR1 ~ DR40), 监测设备可以是 2 个 (或多个) 剂量计, 也可是连续测量记录剂量率的设备。布点要求: 厂内: 厂址边界 16 个方位 (DR1 ~ DR16); 厂外: 距厂址 6km ~ 8km 的 16 个方位 (DR17 ~ DR32); 其余 DR33 ~ DR40

设在其他关心区域, 如人口中心、最近的居民点、学校等, 并选定一个作为对照站。采样频次为每季度测量一次剂量数据。

美国核电厂一般均采用 TLD 进行贯穿辐射监测, 不设连续监测设备, 在采用 TLD 进行监测时, 每个剂量卡中一般放置一个或多个剂量片。监测点位数不是绝对的, 各个核电厂可以根据地形条件合理设置。例如, 滨海核电厂靠海一侧就不需要布设 TLD。而我国则要求同时采用 3 种方式, 包括 TLD 测量、连续监测、采用便携式设备现场监测。

1.2.2 空气监测

空气监测主要包括气碘和空气颗粒物,



NURGE 1301 规定须设 A1 ~ A5 5 个监测点位,其中,A1 ~ A3 设于计算得到最大地面沉积浓度对应方位的厂址边界附近;A4 设于计算得到的最大地面沉积浓度对应方位的居民点;A5 作为对照点,可设于最小风频下风向 15 km ~ 30 km 处。NURGE 1301 规定,对气碘和空气颗粒物必须连续采样,频次为每周,或者根据气溶胶载荷情况提高频次。气碘:每周分析 I - 131;空气颗粒物:每周(每次)样品分析总 β ;季度混合样测量 γ 核素。

总 β 分析需在采样 24 h 后进行,以减少氡钍子体的影响。如总 β 测量结果大于对照点年平均的 10 倍,则需对每个样品进行 γ 核素分析。

1.2.3 地表水监测

NUREG 1301 规定地表水监测采样点共设 2 个,其中排放口下游一个(Wa1)、排放口上游 1 个(Wa2),分别作为指示点和对照点。采样频次为每

月一个混合样;分析频次为: γ 核素每月分析一次,季度混合样测氡。

1.2.4 岸边沉积物监测

NUREG 1301 规定岸边沉积物监测方案需要考虑下游是否存在或可能存在公众休闲活动区域。如有,则需要布设 1 个监测点,取样和分析频次为半年,分析 γ 核素。

1.3 对探测下限的要求及质量保证

1.3.1 探测下限的要求

NUREG 1301 规定了核电厂环境监测项目探测下限(LLD)要求^[1]。该 LLD 为一个先验性(a priori)的指标,用于判定相应监测方法的能力水平。随着监测方法和技术水平的提高,目前对放射性核素监测的 LLD 已大大降低。表 2 给出了 NUREG 1031 规定的环境监测项目必须达到的 LLD 水平。

表 2 NUREG1301 规定的环境放射性分析项目 LLD 水平^[1]

Table 2 Environmental radioactive NUREG1301 provisions of the analysis of the project LLD^[1]

分析项目	水 /(Bq · L ⁻¹)	空气颗粒物 /(Bq · m ⁻³)	鱼(wet) /(Bq · kg ⁻¹)	牛奶 /(Bq · L ⁻¹)	食品(wet) /(Bq · kg ⁻¹)	沉积物(dry) /(Bq · kg ⁻¹)
总 β	0.148	0.000 37				
³ H	74 ^①					
⁵⁴ Mn	0.555		4.81			
⁵⁸ Co	0.555		4.81			
⁵⁹ Fe	1.11		9.62			
⁶⁰ Co	0.555		4.81			
⁶⁵ Zn	1.11		9.62			
⁹⁵ Nb	0.555					
⁹⁵ Zr	0.555					
¹³¹ I	0.037 ^②	0.002 59		0.037	2.22	
¹³⁴ Cs	0.555	0.002 59	4.81	0.555	2.22	5.55
¹³⁷ Cs	0.666	0.002 22	5.55	0.666	2.96	6.66
¹⁴⁰ Ba - La	0.555			0.555		

①饮用水监测:74 Bq /L,地表水:111 Bq /L;② 如无饮用水途径:0.555 Bq /L。

1.3.2 质量保证要求

美国核电厂一般委托专业公司开展辐射环境监测,这些公司包括美国 TBE 公司、Mirion 技术公司等 13 家公司实验室^[3]。

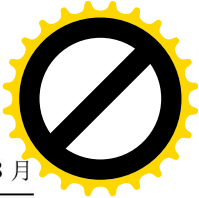
为保证监测结果的可靠性,实验室在承担核电厂样品分析时,必须同时将部分样品送其他实验室进行分析,并根据比对结果判断数据有效性及进行监测能力验证。表 3 给出了核电厂辐射环境监测比对结果符合性判据。当比对结果处于符合比率范围内时,认为监测结果是有效的。

表 3 美国核电厂辐射环境监测比对结果判定依据^[3]

Table 3 The United States nuclear radiation environment monitoring results criterion^[3]

分辨率 ^①	认可比率 ^②
<4	不需要比对
4 ~ 7	0.5 ~ 2.0
8 ~ 15	0.6 ~ 1.66
16 ~ 50	0.75 ~ 1.33
51 ~ 200	0.80 ~ 1.25
>200	0.85 ~ 1.18

①分辨率指监测结果与不确定度的比值;②认可比率指的是实验室监测值与参考值的比。



2 美国内陆核电厂辐射环境监测与信息管理的

2.1 美国环境信息公开制度

美国自1966年发布《信息自由法》(FOIA)和1974年发布了《隐私权法》以来,逐步建立了完善的环境信息公开制度。根据要求,NRC在1975年制定了联邦法规《10CFR9-公共记录》。该法规规定公众有权利获得NRC拥有和控制的与政府业务有关的记录,包括由NRC以任何格式保持的机构纪录。《10CFR9-公共记录》的制定为NRC在核安全监管中坚持信息公开打下了良好的基础。1977年,NRC发表了工作准则《良好监管的原则》作为其管理理念,其中一个原则就是“公开”^[4]。这个原则指出,核安全监管是事关公众的业务,必须公开和坦诚地进行,公众拥有知情权,并有机会按照法规要求参与监管过程。

基于上述法规要求,NRC在核安全监管活动中坚持了全面的信息公开(包括核电厂的环境信息)原则。根据《10CFR9-公共记录》的要求,NRC开发了“全部门文档使用和管理系统”(ADAMS)^[5]。公众可以通过该系统获得NRC任何格式的记录文件。目前,在NRC网站上可以检索到的NRC核安全监管的信息量是巨大的,在核电厂的环境信息方面,可检索信息有各核电厂的放射性流出物排放报告和环境辐射检测报告,有涉及环境的运行事件报告等。美国公众可通过浏览核电厂辐射环境监测数据,及时了解核电厂周围辐射环境质量状况,树立公众信心。

2.2 NRC对核电厂辐射环境监测年报的审查

美国运行核电厂执照持有者向NRC提交上一年度辐射环境监测报告和上一年度放射性流出物排放报告,如有关监测内容和参数等发生变化或偏离时,要向NRC报告修订后的TS和ODCM,供NRC审查^[3]。目前,在NRC网站上,可以检索到2005年—2011年美国65个运行核电厂的各年度环境辐射监测报告^[3],报告内容:环境辐射监测大纲,包括监测要求,厂址特征,监测样品和分析项目、采样点,质量保证等。

从NRC网站公布的美国各运行核电厂年度放射性流出物排放报告与环境辐射监测报告中,公众可充分了解到核电厂运行产生的实际环境辐射影响是很小的,并可了解到核电厂实际排放水平和环境辐射影响的估算值,从而会较容易地接受附近的运行核电厂。

2.3 美国核电厂运行事件监测及信息管理

除了核电厂正常运行的环境信息公开以外,在NRC的网站上还可以看到核电厂与环境有关的运行事件信息,其中最为典型的是美国部分核电厂地下埋管发生的氡泄漏事件^[6]。可以看出,NRC对于美国部分核电厂的氡泄漏事件实施了透明的和负责任的监管。上世纪90年代始,不少美国运行核电厂先后发生过氡泄漏事件,引起美国公众、媒体和国会议员的高度关注。NRC分别于2006年和2010年2次成立工作组,所有调查的结果均在NRC网站上公布。

对于这一问题,NRC在其网站上对所有核电厂公布了“地下水问卷”,各个核电厂都根据问卷的5个问题进行了描述,确认在可能的地下水污染监测措施和其他防止系统、结构以及部件泄漏和溢出事件上所采取的措施。NRC同时将地下水泄漏的专项工作组调查报告在网站上公布,从而使公众及时了解核电厂周围地下水环境安全状况^[7]。

NRC从2006年第一次公布美国核电厂氡泄漏事件清单以来,至2012年6月7日公布了第9版清单,美国运行核电厂中,已经有42个核电厂发生过氡泄漏事件,内陆核电厂占23个。

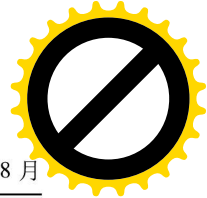
3 我国核电厂辐射监测及信息管理的

3.1 核电厂的辐射环境监测

我国核电厂按照“双轨制”进行辐射环境监测,即地方环保部门和核电厂营运单位的辐射环境监测,二者形成“相互监督和验证”的关系。2012年2月,国家环保部发布了《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范(试行)》,标志着地方环保部门的监督性监测进一步延伸到核电厂放射性流出物排放监测。地方环保部门的监督性监测在监测布点、样品类型、数量、监测内容等方面与核电厂自身的监测要求基本相同。

美国环保部门的辐射环境监测通过其自身的监测网络(RADNET)执行国土辐射环境监测,与我国辐射环境监测国控监测网络类似^[8]。但是需要说明,美国环保部门一般情况下没有针对核电厂的监督性监测系统。核电厂的辐射环境监测也是通过合同形式外包给有能力的单位,其监测年报必须经过NRC的审查。

对监测标准和规范,我国《核动力厂辐射环境保护规定》(GB 6249-2011)对监测介质、监测项



目和调查范围都有明确的规定。2001年,原国家环保总局发布的《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)以及核工业标准《核电厂环境辐射监测规定》(EJ/T 1131-2001)都提出了具体的要求。

但在核电厂执行辐射环境监测或开展本底调查时,与标准规定存在一定差异。例如,对土壤、生物的样品开展大量的总 β 测量,但由于总 β 是一个半定量指标,一般用于初步识别和筛选放射性浓度水平,在已开展 γ 核素分析的情况下可不进行监测。随着国内对核电厂排放氙的监管的加强,各个核电厂也逐步开展环境中有机氙的监测,但相关的标准规范没有得到修订。另一方面,《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)规定的开展空气中氙与碳14的监测又没有得到较好的执行。可以看到,目前核电厂的辐射环境监测项目中有些超过了标准规范的要求,有些又远未达到。

我国目前核电厂辐射环境监测存在重复监测和参考标准不适应等问题,但无论是点位还是监测项目,一般多于美国核电厂的辐射环境监测要求。

3.2 核电厂辐射环境监测信息公开及对比

随着我国改革开放不断深化,政府信息公开、建设项目环境信息公开和公众参与日益得到重视。

2008年5月1日起,原国家环境保护总局以第35号令发布的《环境信息公开办法(试行)》开始施行,其中规定环境信息公开的内容包括“建设项目环境影响评价文件受理情况,受理的环境影响评价文件的审批结果和建设项目竣工环境保护验收结果。”

2012年4月28日,国务院办公厅发布《2012年政府信息公开重点工作安排》。其中,“推进重点领域的信息公开”包括了“推进环境保护信息公开”,同时指出要“加强社会反映评估和舆情引导工作”。

2012年10月30日,环保部办公厅发布《关于进一步加强环境保护信息公开工作的通知》。强调指出:环境保护信息公开工作事关人民群众的知情权、参与权和监督权。在目前的环保部网站上已经可以检索到许多与核电厂有关的环境信息,例如:核电项目各阶段的执照审批文件,部分核电厂环境影响报告书的简本,核电厂各阶段环境影响报告书的批复公告,2005—2009年期间的核安全年报,其中可以看到各核电厂的气态流出物和液态流出物年排放量及发生运行事件概况。

我国各个核电厂需要向国家核安全局报告年度辐射环境监测数据,地方环保部门也开展了监督性监测,但公众一般难以获得相关监测数据。

日本福岛核事故发生后,我国核电厂有了更多的环境信息公开。国控辐射环境监测网络开始逐日公布我国运行核电厂周围环境空气吸收剂量率监测数据,为核电厂辐射环境监测数据网络信息公开迈出了重要的一步。正如有的媒体评价的那样:“核与辐射安全信息公开渐进”^[9]。然而,与美国核电厂的环境信息公开相比,差距还是明显的。

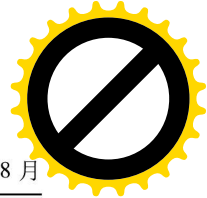
(1)美国运行核电厂的环境信息公开已经形成制度。各运行核电厂的年度放射性流出物排放报告和年度环境辐射监测报告均是按规定要求公开发布的,公众可以了解各相关信息详情。在我国,环保部网站上已经发布运行核电厂周围空气吸收剂量率数据,但是对于内陆核电厂,公众可能更关注核电厂的液态流出物排放以及液态途径上各种环境样品(地表水、饮用水、地下水、鱼、沉积物)的放射性监测结果。

(2)美国各核电厂(核电项目)用于各种执照申请的环境报告以及NRC在环境审查后给出的环境影响意见书(或补充环境影响意见书)是公开发布的,公众可以了解到各种环境问题的分析结果以及NRC的具体评估意见,包括辐射环境现状监测数据。而在我国网站上,只能检索到核电厂环评简本。

(3)对于核电厂与环境有关的事件,NRC的信息公开是透明、及时、全面的,公众可及时了解核电厂相关环境事件的状态及对环境影响的评估。国家环保部已经制定了《环境保护部(国家核安全局)核与辐射安全监管信息公开方案(试行)》等文件,但至今只在环保系统内部印发^[9],尚未对外发布。

(4)在应对突发事件方面,尤其是福岛核事故后,NRC能针对舆情,及时回答公众各种问题,及时公布安全检查结果,及时对美国核电厂的安全性明确表明政府立场。国家环保部在2011年环境信息公开年报中提到,福岛核事故后“共发布新闻121条”,但这些信息多是报道性的,缺少对于我国核电厂安全性的官方表态。福岛核事故后,我国立即组织了核设施的综合安全检查,但检查结论至2012年5月才向社会公布。

目前,我国公众对内陆核电厂建设疑虑较多,



需深入研究借鉴美国核电厂的环境信息公开制度,特别是辐射环境监测的信息公开制度,改进与公众的沟通方式,提升应对解答公众质疑的能力和水平。

4 结论与建议

4.1 结论

美国核电厂的辐射环境监测是在 NRC 制定的法规体系下开展的,通过严格的质量保证措施,根据辐射环境监测大纲的要求开展监测,形成报告并向 NRC 提交审查。通过严格的审查制度和信息公开制度,美国核电厂辐射环境监测基本实现了“保障核电运行安全、树立公众信心”的功能。

而我国目前一方面相关法规标准不够完善,标准适应性差;另一方面,有关核电厂辐射环境监测信息不够透明,尤其是核电厂周围群众未享有充分知情权,容易造成公众疑虑。虽然核电厂和环保部门都在加大力度开展大量的辐射环境监测,特别是福岛核事故发生后,我国加强了国控监测网络和核电厂监督性监测系统建设,对环境辐射的监管能力得到极大的提高^[10]。但如果不实行环境信息公开,仍不能消除国内公众对核电厂特别是内陆核电厂环境安全的疑虑。在“双轨制”监测制度下又面临重复监测、浪费资源的问题。因此,需要借鉴美国的相关经验,在辐射环境监测规范化、监测数据信息公开化等方面开展工作。

4.2 建议

需从国家和地方环保以及核电企业等层面共同推进辐射环境监测规范化、监测数据信息公开化,以节约投资和资源,提高效率,树立公众信心。

4.2.1 进一步完善我国辐射环境监测标准体系

在完善我国辐射环境监测标准体系的同时,提出辐射环境监测的标准化规范,并应特别注意内陆核电厂辐射环境监测可能存在的特殊性。

4.2.2 建立辐射环境监测数据公开制度

应建立和完善我国核电厂辐射环境监测数据在线查询系统,无论是地方环保部门还是核电厂自身的辐射环境监测数据,都应及时通过网络或其他途径向公众公开,让公众对核电厂周围环境辐射质

量状况有充分的知情权。

4.2.3 应加强公众参与制度建设

在核电厂辐射环境监测信息公开的基础上,应建立公众参与制度,及时让公众了解核电厂运行可能对环境造成的影响。参与方式包括论证会、听证会、专家咨询、发布调查表等形式。

4.2.4 明确核电厂辐射环境监测管理边界

目前我国“双轨制”监测没有明确地方政府和核电厂自身辐射环境监测的管理边界,造成大量重复监测。建议今后地方政府负责厂区边界外的辐射环境监测,而核电厂自身负责厂址边界及厂内的辐射环境监测。

[参考文献]

- [1] USNRC. NUREG 1301 offsite dose calculation manual guidance: Standard radiological effluent controls for pressurized water reactors, 1991 [R].
- [2] USNRC. NUREG 1302 offsite dose calculation manual guidance: Standard radiological effluent controls for boiling water reactors, 1991 [R].
- [3] USNRC. (2005~2011). 美国 65 个核电厂辐射环境监测年报 [EB/OL]. <http://www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/tritium/plant-info.html>.
- [4] US federal law. The freedom of information act, 5, U. S. C. section 552, 1966 [Z].
- [5] USNRC. The agencywide documents access and management system, 2013 [DB].
- [6] 徐月平,黄彦君,覃春丽,等. 美国核电厂氡泄漏事件地下水污染概况及防治对策 [J]. 辐射防护通讯, 2012, 32 (3): 16-21.
- [7] USNRC (United States Nuclear Regulatory Commission), Groundwater Contamination (tritium) at nuclear plants [R/OL], www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/grndwtr-contam-tritium.html
- [8] 任天山, SEARS R, GRIGGS J, 等. 中美环境辐射监测系统比较 [J]. 中华放射医学与防护, 2007, 27 (1): 91-96.
- [9] 核与辐射安全信息公开渐进, 21 世纪经济报道 [EB/OL]. <http://money.163.com/11/0720/01/79CC949T00253B0H.html>
- [10] 杨维耿, 胡晨剑, 潘华东. 浅析环保系统辐射环境监测网络现状及发展策略 [J]. 环境监测管理与技术, 2012, 24 (6): 1-5.