

田湾核电基地外围海水中铯-137放射性水平研究

郑 婷 刘东晓 陈 辛

(连云港辐射环境监测管理站 江苏 连云港 222047)

【摘 要】本文介绍的实验依据《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)^[1]对核电基地环境中海水进行采样分析,评价近五年以来田湾核电基地外围海水中铯-137的放射性水平。结果表明:2017-2021 五年间,田湾核电基地外围环境海水中铯-137的放射性水平无异常变化。

【关键词】核电基地外围;铯-137;放射性水平

引言

田湾核电基地位于江苏省连云港市连云区高公岛乡柳河村管辖的田湾,座落于后云台山南麓的扒山头地区,东临黄海,西倚宿城山谷,南接黄海滩地,北靠后云台山。厂址西距连云港市市区(新浦)约 28km(直线距离);西北距连云区中心约 11km;北距连云港码头约 5.2km;东北距高公岛乡约 2km,田湾核电基地占地面积 160.5 公顷,其中陆域面积 82.5 公顷,海域面积 78.0 公顷。^[2]田湾核电站地理位置见图 1。

一期工程 1、2 机组以俄罗斯 VVER-1000/320 型系列核电机组的设计、建造和运行经验为基础,并吸取西方压水堆(PWR)改进技术而完成的改进型设计,单机容量 106 万千瓦。1、2 号机组分别于 2007 年 5 月 17 日和 8 月 16 日具备商运条件。二期工程 3、4 号机组采用俄罗斯设计制造的 VVER-1000/428 型反应堆,常规岛采用国内设计制造的半速汽轮发电机组,单机容量为 112.6 万千瓦。3、4 号机组分别于 2018 年 2 月 15 日和 12 月 22 日具备

商运条件。三期 5、6 号机组以福清核电站一期工程技术方案为参考,采用 M310+ 改进机型,单机容量 111.8 万千瓦。5、6 号机组分别于 2020 年 9 月 8 日和 2021 年 6 月 2 日具备商运条件。^[2]

压水堆核电机组原理是由反应堆的核燃料铀-235 核裂变时释放出来的核能通过一套动力装置将核能转变为蒸汽的动能,进而转变成电能。在裂变过程中产生的放射性废物如铯-90、铯-137 等会以气态或液态的形式释放到核电厂外围环境中,虽然释放份额不高,但对核电厂外围环境的影响不容忽视。随着核电基地的商业运行,对其外围中人工核素铯-137 等放射性核素的活度浓度进行检测势在必行。^[3]本文依据《水和生物样品中铯-137 的放射化学分析方法》(HJ 816-2016)^[4],对田湾核电基地外围海水中铯-137 的活度浓度进行了分析测量。

一、水样采集与预处理

(一) 采样点分布

核电站对近海环境的污染,主要是其液态放射



图 1 田湾核电基地地理位置示意图

性流出物对海水的污染以及冷却水对海水的影响,核电站近海区域环境监测是不可缺少的项目。田湾核电站运行以来的关键途径均为液态途径的外照射,海水中放射性水平及其变化是最基本的数据。在附近的 10 平方公里的海域考虑对敏感点的控制,保持适当的采样频率。

根据田湾核电站外围辐射环境监督性监测方案所确定的采样点位、监测项目、频次、时间和作业指导书进行采样,使用定位仪和照相机等辅助设备证实采样点的相关信息,详尽描述采样条件(时间、气象、采集地点周围状况、样品属性等必要的说明)。采样点位为排放口海域、丁港海域、厂址以东海域、高公岛海域、青口闸(对照点),监测项目是 γ 核素、氡、铯-90、铯-137 项目,监测频次是半年一次。采样点位如图 2 所示。

(二) 水样采集与预处理

水样采集过程中,避免采样器材对待测元素带来干扰,同时确保在采集和运输过程中造成待测元素损失。本次采集水样中,盛装水样的容器为洗净的 25L 塑料桶,采水时用水样润洗 3 次以上。海水一般采集表层海水,用水泵采集,采集频率为 1 次/半年,采集水样后,加入浓硝酸酸化至 PH 小于 2。

样品进入实验室后,应样品管理程序进行样品的验收、固定、分发、取用、贮存、留存和处理处置。实验室的样品经验收后,存放在样品间,由专人妥善保管。分析人员根据管理信息系统提示,打印出带分析样品的清单进入样品间领取样品。

二、水样放化分析与测量

(一) 放化分析

依据《水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法》(HJ 816-2016)^[4],对水样进行放化分析处理,得到碘钼酸铯样品源。

(二) 测量

美国 ORTEC MPC9604 四路低本底 α/β 测量仪用标准源进行刻度,制作探测效率-重量曲线,再测量样品源 720min。

(三) 质量保证

1. 质量方针

“公正、高效提供监测服务,规范、准确保障辐射安全”是本站的质量方针。全站职工严格按照有效的标准、规范、管理体系文件及技术和质量规定进行监测,确保监测数据准确、有效;对所有服务对象提供同等、公正、及时、信用的服务。

2. 组织机构和人员

本站设置专门的质量保证科室一数据分析科,并设置专门的质量主管和质量管理员,负责田湾核电站监督性监测的质量保证活动和组织与外部单位的比对。监督监测科室设置质量监督员,负责监督田湾核电站监督性监测现场监测、采样、实验室分析、数据处理和报告的编制,按照技术规范开展实验室工作,并对其工作质量做出评价,同时接受数据分析科室质量考核和比对任务。

所有从事田湾核电站外围辐射环境监督性监测的人员应具备与其承担的工作相适应的能力,接受相应的培训并持证上岗。持合格证的人员,方能从

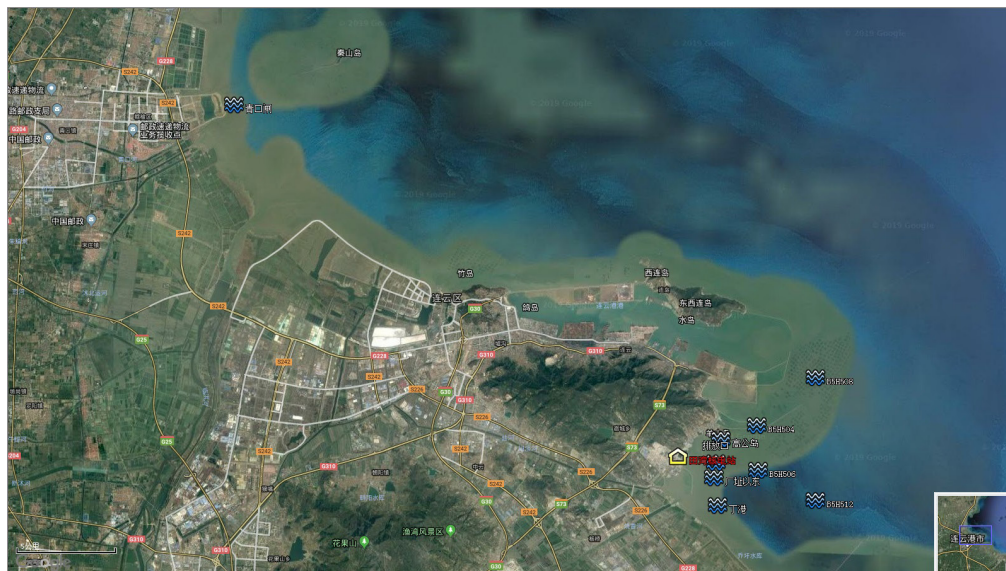


图 2 水样采集点位分布示意图

事相应的监测工作；未取得合格证者，只能在持证人员的指导下开展工作，监测质量由持证人员负责。

3. 监测方法

用最新有效的国家标准和行业标准，方法检出限应满足国控网监测工作的需求和质量要求。水中铯-137采用的监测方法是《水和生物灰中铯-137的放射化学分析方法》(HJ 816-2016)。

4. 仪器设备与量值溯源

低本底 α/β 测量仪每季度做一次期间核查(检验其仪器效率)，每年做一次刻度，每年由上海市计量测试技术研究院检定一次。同时为了确保仪器的长期可靠性，进行泊松分布检查，并采用质控图形式监控。

(四) 数据处理

数据处理应尽量用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对数据处理、计算结果中的假设、计算方法、原始数据、计算结果的合理性、一致性和准确性必须进行审核。对计算结果的审核，可以由两人独立地进行计算或者由未参加计算的人员进行核算。如果是用计算机计算，则应对计算机方法和程序进行审核并进行运行检验。正式审核通过的原程序必须有编制文件，对每次输入的数据应进行独立的核对。审核人必须在审核报告上签字。

及时对数据进行分析，并与以往数据进行比较，对于偏离正常值的异常结果，应及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。实验室分析人员严格按照分析测量程序规定，真实、准确、完整地记录分析测量过程中的相关信息，并进行正确的计算；报告编写人员科学比较监测数据与往年监测数据和本底监测数据的差异，合理判断核电外

围环境变化。

(五) 监测结果

2017-2021年，田湾核电基地外围海水中铯-137活度浓度监测结果列于表1。由表1可见，2017-2021年排放口海水中铯-137活度浓度年均值范围为0.79~1.2mBq/L，五年平均值为1.0mBq/L；厂址以东海水中铯-137活度浓度年均值范围为0.86~1.5mBq/L，五年平均值为1.1mBq/L；高公岛海水中铯-137活度浓度年均值范围为0.60~1.2mBq/L，五年平均值为1.0mBq/L；丁港海水中铯-137活度浓度年均值范围为0.66~1.3mBq/L，五年平均值为1.0mBq/L；青口闸海水中铯-137活度浓度年均值范围为0.55~1.2mBq/L，五年平均值为0.8mBq/L，都低于《海水水质标准》(GB 3097-1997)^[5]中铯-137活度浓度0.7Bq/L。

三、结语

2017-2021年，田湾核电基地外围海水中的铯-137监测结果监测值处于同一水平，无明显波动，监测结果表明田湾核电基地外围海水中的铯-137放射性水平未见异常。

参考文献：

- [1]HJ/T 61-2001,辐射环境监测技术规范[S].
- [2]田湾核电基地周围辐射环境监督性监测报告(2021年),江苏省生态环境厅.
- [3]许家昂,李全太,杨昕,等.海阳核电厂运行前周边海水中铯-137、铯-134等放射性核素水平[J].中国辐射卫生,2014,23(6):542-544.
- [4]HJ 816-2016,水和生物样品灰中铯-137的放射化学分析方法[S].
- [5]GB 3097-1997,海水水质标准[S].

表1 2017-2021年田湾核电基地外围海水中铯-137活度浓度监测结果(mBq/L)

点位	范围/均值	2017	2018	2019	2020	2021	平均值
排放口	范围	1.1~1.4	1.1~1.3	0.75~0.95	0.65~0.94	0.76~0.94	-
	均值	1.2	1.2	0.85	0.79	0.85	1.0
厂址以东	范围	1.5~1.5	1.3~1.4	0.94~1.0	0.62~1.3	0.63~1.1	-
	均值	1.5	1.3	0.98	0.96	0.86	1.1
高公岛	范围	1.1~1.1	1.2~1.2	0.93~1.0	0.48~0.71	0.71~1.3	-
	均值	1.1	1.2	0.99	0.60	1.0	1.0
丁港	范围	1.1~1.4	1.0~1.3	0.98~1.0	0.54~0.78	0.62~0.86	-
	均值	1.3	1.2	1.0	0.66	0.74	1.0
青口闸	范围	0.78~0.79	1.2~1.3	0.82~1.0	0.45~0.65	0.46~0.63	-
	均值	0.79	1.2	0.92	0.55	0.55	0.8
年平均	范围	0.78~1.5	1.0~1.4	0.75~1.0	0.45~1.3	0.46~1.3	-
	均值	1.2	1.2	0.9	0.7	0.8	-