

秦山核电环境辐射监测大纲

*Environmental Radiation Monitoring Program/Outline For
QinShan Nuclear Power*

QS-2EMS-TGEM-0001

机组: 0

规程所属部门: 环境应急处

使用等级: 1级 2级 3级

Rev.12



本文件属于秦山核电有限公司、核电秦山联营有限公司、秦山第三核电有限公司和中核核电运行管理有限公司所有，未经书面许可，任何单位和个人不得采用、复制或转让。

文档信息页 (2)

D. 升版修订历史

版本	修订说明			
0	新增			
	编：李贤良	校：沈根华	审：朱月龙	批：刘志勇
1	方家山核电项目首次装料前现状调查结束，秦山核电基地的辐射环境监测工作转为运行电厂常规辐射环境监测，根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)进行核电厂辐射环境监测大纲调整。			
	编：谷韶中	校：李贤良	审：朱月龙	批：刘志勇
2	1 根据华东监督站核安全大检查意见，将监测大纲个别取样点位对照《最终安全分析报告》进行说明。 2 部分监测点位个别介质无法获取，海洋对照点增加白虾介质，予以调整。同时，对照标准调整个别样品监测频度。			
	编：谷韶中	校：李贤良	审：朱月龙	批：刘志勇
3	根据 2017 年安全生产标准化现场评审专家意见，增加辐射环境监测技术程序清单，见表 2-2。			
	编：谷韶中	校：李贤良	审：朱月龙	批：刘志勇
4	根据 2019 年 1 月华东监督站对三厂乏燃料临时干式贮存设施监督检查意见，在文字描述中明确大纲的适用范围包括三厂乏燃料临时干式贮存设施。			
	编：谷韶中	校：李贤良、朱 琨	审：朱月龙	批：刘志勇
5	1、根据 2019 年环保监督检查意见，在技术规程清单中删除与辐射环境监测无关的技术程序。 2、因长期无法获取秦联鲮鱼，删除该介质监测项目。 3、增加部分生物介质有机氚检测项目。			
	编：谷韶中	校：李贤良、朱 琨	审：朱月龙	批：董军成
6	根据与各电厂环境影响报告书一致性审查的结论进行适应性升版，增加水中总 β 测量项目。			
	编：孙垭杰	校：李贤良、谷韶中	审：朱月龙、沈根华	批：董军成
7	根据生物样品采集情况，删除部分长期无法获取的取样点位。			
	编：孙垭杰	校：李贤良、谷韶中	审：朱月龙、沈根华	批：董军成
8	根据 2021 年 5 月华东监督站监督检查意见，将监测方案中备注内容增加至正文内。			
	编：孙垭杰	校：李贤良、谷韶中	审：朱月龙、沈根华	批：姚照红
9	1、因原关键居民组夏家湾（自然村）已无人员居住，经重新计算和论证，秦山核电厂关			

	<p>键居民组由夏家湾（自然村）儿童组更改为南宋家村（自然村）青少年组；秦山第三核电厂关键居民组由夏家湾（自然村）青少年组更改为钟家桥（自然村）青少年组。</p> <p>2、方家山核电厂关键居民组由秦兴村（行政村）青少年组细化为南宋家村（自然村）青少年组。</p> <p>3、根据流出物排放和秦山核电周围环境信息，经分析评价，变更各电厂关键核素和关键照射途径。</p>
	<p>编：孙垭杰 校：谷韶中、朱 琨 审：朱月龙、沈根华 批：姚照红</p>
10	<p>1、根据 2022 年 5 月华东监督站监督检查意见，表 2-1 中增加监测方法引用或参考的标准。</p> <p>2、根据实际取样情况，调整样品名称“饮用水”为“井水”。</p>
	<p>编：孙垭杰 校：谷韶中、朱 琨 审：朱月龙、沈根华 批：姚照红</p>
11	<p>1、根据 2023 年 8 月华东监督站辐射监测专项检查意见，增加地表水沉积物监测介质、空气气连续采样、海底泥镅-90、雨水气监测频率，增加部分生物样品有机结合氚监测项目。</p> <p>2、根据海盐周边畜牧业生产情况调查，删除牛奶样品。</p>
	<p>编：颜 华 校：谷韶中、孙垭杰 审：沈根华 批：沙松干 2023-12-01</p>
12	<p>对照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），修订情况如下：</p> <p>1、环境 γ 剂量率连续监测采样周期由 1 分钟修改为 30 秒；</p> <p>2、增加夏家湾监测点 24 小时气溶胶连续采样；</p> <p>3、全部陆地动植物均开展 OBT 分析；</p> <p>4、增加表层土壤、海滩土、海底泥的 $^{239+240}\text{Pu}$ 监测；</p> <p>5、增加湖塘水底泥、海滩土、陆地表层土、茶叶、油菜籽、地下水、牡蛎等监测介质的 ^{90}Sr 分析；</p> <p>6、增加溇浦、官堂、武原、落塘表层土壤取样点，删除小桥头表层土壤取样点；</p> <p>7、根据秦山核电基地周围农作物、海产品实际情况，取消毛豆、桑叶、海蜇监测介质；</p> <p>8、厂区地下水监测井监测频率调整为 1 次/月、抽测（四个生产单元，每个生产单元每月轮流取一个点）；</p> <p>9、使用 γ 能谱测量分析 ^{137}Cs，删除放化 ^{137}Cs 分析；</p> <p>10、气溶胶、沉降物 ^{90}Sr 分析频率由 1 次/季度调整为年度混合样品分析 ^{90}Sr。</p>
	<p>编：颜 华 校：谷韶中、孙垭杰 审：沈根华 批：沙松干 2024-03-15</p>

目录

1. 目的	1
2. 适用范围	1
3. 依据文件/ 参考文件	1
4. 定义	1
5. 资源准备	1
5.1 人力需求	1
5.2 监测设备	2
5.3 监测方法	2
6. 监测大纲遵循原则	5
7. “三关键”分析结论	5
8. 辐射监测项目与布点	6
8.1 监测介质	6
8.2 监测项目	7
8.3 监测点位布设及监测频度	7
8.3.1 大气(空气介质)	7
8.3.2 水体	9
8.3.3 土壤	10
8.3.4 农产品	11
8.3.5 畜牧产品	12
8.3.6 水产	12
8.3.7 指示生物	12
8.3.8 对照点	13

1. 目的

秦山厂址在运九台核电机组，含多种堆型及秦三厂乏燃料临时干式贮存设施。针对多机组和附属核设施特性及秦山地区环境特征，制定运行电厂环境辐射监测大纲，其目的是：

- 监测运行核电厂及附属设施对周围环境产生的即时影响或长期累积趋势；
- 估算核电厂及附属设施运行对公众造成的照射剂量及潜在照射剂量；
- 发现环境介质中放射性水平的短期变化，并提供某种早期预警；
- 甄别核电厂与其它工业设施的污染。

2. 适用范围

本大纲适用于秦山核电所有运行核电厂及秦三厂乏燃料临时干式贮存设施。

3. 依据文件/ 参考文件

(1) 依据文件

《核动力厂环境辐射防护规定》 GB 6249

秦山核电各电厂(含秦山核电一厂检修热车间)运行阶段环境影响报告书

《秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施环境影响报告书》(装料阶段)

(2) 参考文件

《辐射环境监测技术规范》 HJ 61

4. 定义

环境辐射监测：为了解环境中的放射性水平，通过测量环境中的辐射水平（外照射剂量率）和环境介质中放射性核素含量，并对测量结果进行解释的活动。

三关键：即关键核素、关键照射途径和关键居民组。

对照点：指不受核设施影响，可将天然本底与核设施排放产生的人工影响区分开来的合适地点。

指示生物：对环境变化因素有灵敏响应的生物，不同生物对环境因素的变化都有一定的适应范围和反应特点。生物适应范围越小，反应越典型，对环境因素的指示越有意义。

5. 资源准备

5.1 人力需求

中核运行环境应急处负责《秦山核电环境辐射监测大纲》（以下简称“监测大纲”）的实施。

放射性活度检测人员应具备足够的放射性检测技能。“监测大纲”规定的放射性活度检测任务的人员配备至少 15 人。

剂量(率)监测应具备足够的辐射监测技能，“监测大纲”规定的环境辐射剂量(率)监测任务的人员配置至少 10 人。

5.2 监测设备

环境辐射监测与分析对象因为水平低、活度浓度小，故对测量设备的配置应做到探测灵敏度高、本底低；同时必须考虑“监测大纲”实施过程各环节所使用的定量仪表和重要理化因子控制设施的配置。环境监测、分析设备配置一览表见表1。

表 1：环境监测设备一览表

设备名称	型号规格及主要参数	数量
环境辐射连续监测仪	RSS-131ER(高气压电离室)、NC-HIPC8000(高气压电离室) 量程：10nGy/h~1Gy/h，能响：80keV~7MeV	21
便携式X-γ剂量率仪	6150ADB(闪烁型探测器) 量程：10nSv/h~1Sv/h，能响：20keV~7MeV	3
热释光(TLD)剂量计	LiF (Mg、Cu、P) 量程上、下限：10Gy/10μGy	2000
TLD读出仪	HarShow 5500(光源自校正，线性：小于1% 偏差，暗电流：小于50μGy (相对Cs-137))	2
LB770/790 低本底α,β计数器	探测效率：Am-241α>37%，Sr-90β>54% 本底：α<0.1cpm β<1cpm	3
9615 HpGeγ能谱仪	相对效率：45%，分辨率 2.0keV，本底1.7cps 能量范围：20keV~2MeV，量程：<10 ⁵ cps	1
672 HpGeγ能谱仪	相对效率60%，分辨率 2.0keV，本底 2.3cps 能量范围：50keV~2MeV，量程：<10 ⁵ cps	1
9660A HpGeγ能谱仪	相对效率：80%，分辨率 2.0keV，本底 2.3cps 能量范围：50keV~2MeV，量程：<10 ⁵ cps	1
Quantulus 1220 低本底液闪谱仪	探测效率： ³ H：15%、 ¹⁴ C：60%，量程：<10 ⁶ cpm 本底： ³ H：1.5cpm、 ¹⁴ C：3.0cpm	2
Quantulus 6220 低本底液闪谱仪	探测效率： ³ H：20%、 ¹⁴ C：60%，量程：<10 ⁶ cpm 本底： ³ H：1.0cpm、 ¹⁴ C：2.0cpm	1
马弗炉	AAF1100、P330、CBFM516C、LT40-12 功率 3.5kW~10kW，温控：常温~1100℃，温度波动±15℃	6
分析天平	XS603S (600g, 1mg)	1
	XS104 (120g, 0.1mg)	1
	MS204S (220g, 0.1mg)	1
氧弹	1921EE(1850ml, 3000psi)，点火器 220V/50Hz	4
原子吸收光谱仪	AA800(石墨炉火焰双原子化器、双光路、多狭缝、8 灯)	1
通风柜	WESEMANN (1800*850*2350mm)，面风速 0.5~1.0m/s，可调	8
	瀚广定制 (1800*850*2350mm)，面风速 0.5~1.0m/s，可调	4
	WESEMANN (1800*900*2730mm)，面风速 0.5~1.0m/s，可调	4
气溶胶/气碘联合取样器	AFC-Digital-300/230 (220V, 300L/min)	10
	HI-Q CF901 (220V, 300L/min)	2
空气氡取样器	工作电压：220V，取样速率：0~20L/min，氡化水捕集效率≥80%	10
空气 C-14 取样器	HAGUE7000 (220V, 10~55L/h，催化氧化，捕集效率≥98%)	8
电热干燥箱	型号：FED400	功率：2~6kW，温控：0~300℃，温度波动：±2℃
	型号：UF260	

5.3 监测方法

环境辐射监测中使用的监测、分析方法有：

- 1) 国家标准推荐的方法；

2) 行业标准(核行业、环保行业)推荐的方法;

3) 无标准方法的, 使用

- 国外同行采用的标准或方法;
- 已成熟的、经过实验验证或论证的方法。

“监测大纲”各项目监测使用的方法列于表 2, 包括各项目方法的探测下限。

HpGe γ 谱仪的探测限为对 ^{137}Cs 点源的探测限。

各项目均制定有相应的监测或分析程序。

表 2-1: 环境辐射监测项目、核素分析测量方法

测量介质	测量分析项目	分析测量方法	测量仪器	探测下限(MDC)	
大气	剂量率(实时)	高气压电离室连续测量(HJ1157-2021)	高气压电离室、计算机+SQL数据库系统	10nGy/h	
	瞬时剂量率	便携式 γ 剂量率仪就地测量(HJ1157-2021)	便携式X- γ 剂量率仪	10nGy/h	
	累积剂量	TLD(LiF)累积(JJG 593-2006; GB/T 10264-2014)	HarShow5500热释光读出仪	10 μ Gy	
	总 α 、总 β	气溶胶/沉降物 α 、 β 直接计数法(HJ/T 22-1998)/水中总 β -蒸发法(EJ/T900-1994)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	气溶胶: α : 1.0×10^{-5} Bq/m ³ β : 2.5×10^{-5} Bq/m ³ 沉降物: β : 0.007 Bq/d·m ²	
	^{90}Sr	气溶胶/沉降物	二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法(HJ815-2016)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	气溶胶: 7.0×10^{-7} Bq/m ³ 沉降物: 8.5×10^{-4} Bq/d·m ²
	^3H	雨水	液体闪烁计数法(HJ1126-2020)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	1.7Bq/L
		大气 ^{131}I 、 γ 核素	浸渍活性炭吸附, γ 能谱分析法(WS/T 184-2017; GB/T 14584-1993)	HpGe γ 能谱仪	2.1×10^{-4} Bq/m ³
		大气 ^3H	催化氧化-低温捕集-液体闪烁计数法(HJ1126-2020)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	1.2×10^{-2} Bq/m ³
		大气 ^{14}C	催化氧化-强碱鼓泡吸收-液闪计数法(EJ/T 1008-96)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	6.5×10^{-3} Bq/m ³
农畜产品	^{90}Sr	稻米、叶菜、油菜籽	二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法(HJ815-2016)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	6.8×10^{-3} Bq/kg
		茶叶、羊骨			6.8×10^{-2} Bq/kg
		萝卜			1.9×10^{-3} Bq/kg
	^{137}Cs	稻米、叶菜	磷钼酸铵-碘钼酸铯法(HJ816-2016)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	1.0×10^{-2} Bq/kg
		羊肉、茶叶			0.1Bq/kg
		萝卜			2.9×10^{-3} Bq/kg
	^{131}I	叶菜	CCl ₄ 萃取、AgI沉淀法(HJ841-2017)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	0.05Bq/kg
	γ 核素	叶菜	γ 能谱分析法(GB/T 16145-2022)	HpGe γ 能谱仪	0.025Bq (^{137}Cs 点源)
	^3H 有机氟	叶菜、萝卜、茶叶、羊肉	冷冻捕集——液体闪烁计数法\燃烧冷凝-液体闪烁计数法(HJ1126-2020)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	1.5Bq/kg/0.1Bq/kg
		稻米、油菜籽			Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪
^{14}C	叶菜、萝卜	氧弹燃烧-Carb-sorb吸收CO ₂ -液闪计数法(GB/T 37865-2019)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	0.3Bq/kg	
	羊肉			0.3、(0.6)Bq/kg	
	茶叶			1.7Bq/kg	
	稻米、油菜籽			3.8Bq/kg	
水体	^{90}Sr	二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法(HJ815-2016)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	1.7×10^{-4} Bq/l	
	^{137}Cs	磷钼酸铵-碘钼酸铯法(HJ816-2016)		2.5×10^{-4} Bq/l	
	^3H	液体闪烁计数法(HJ1126-2020)(GB/T 35570-2017)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	1.7Bq/l	
	^{14}C	加酸吹扫-Carbsorb吸收-液体闪烁计数法		1.0×10^{-2} Bq/l	
	总 β	蒸发-厚源法测总 β (HJ899-2017)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	0.025Bq/L	
	总 α	水质总 α 放射性的测定 厚源法(HJ 898-2017)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	0.04 Bq/L	
	^{40}K	水中钾-40的分析方法 GB/T 11338-1989	原子吸收分光光度计	6.2×10^{-3} Bq/L	
	γ 核素	水中 γ 能谱分析法(GB/T 16145-2022)	HpGe γ 能谱仪	0.025Bq (^{137}Cs 点源)	
水产品	^{90}Sr	鱼、虾	二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法(HJ815-2016)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	鱼骨: 6.8×10^{-2} Bq/kg
					虾: 6.8×10^{-3} Bq/kg
	^{137}Cs	鱼、虾	磷钼酸铵-碘钼酸铯法(HJ816-2016)	LB770/790低本底 α 、 β 计数器	1.0×10^{-2} Bq/kg
	^3H 有机氟	鱼、虾	冷冻捕集——液体闪烁计数法\燃烧冷凝-液体闪烁计数法(HJ1126-2020)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	1.2Bq/kg/0.25Bq/kg
	^{14}C	鱼、虾	氧弹燃烧-Carb-sorb吸收CO ₂ -液闪计数法(GB/T 37865-2019)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	1.7Bq/kg
γ 核素	鱼、虾	γ 能谱分析法(GB/T 16145-2022)	HpGe γ 能谱仪	0.025Bq (^{137}Cs 点源)	
指示	γ 核素	牡蛎、松针、苔藓	γ 能谱分析法(GB/T 16145-2022)	0.025Bq (^{137}Cs 点源)	

测量介质	测量分析项目		分析测量方法	测量仪器	探测下限(MDC)
生物	³ H有机氚	牡蛎、松针、苔藓	冷冻捕集——液体闪烁计数法 (HJ1126-2020)	Quantulus 1200/6220低本底液闪谱仪	0.26、1.1、1.3Bq/kg(0.01、0.3Bq/kg)
	¹⁴ C	牡蛎、松针、苔藓	氧弹燃烧-Carb-sorb吸收CO ₂ -液闪计数法 (GB/T 37865-2019)		1.1、2.1、3.2Bq/kg
	⁹⁰ Sr	牡蛎、松针、苔藓	二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法 (HJ815-2016)	LB770/790低本底 α,β 计数器	6.8×10 ⁻³ Bq/kg
土壤	⁹⁰ Sr		二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法 (EJ/T1035-2011)	LB770/790低本底 α,β 计数器	6.8×10 ⁻³ Bq/kg
	γ核素		γ能谱分析法 (GB/T 16145-2022)	HPGe γ能谱仪	0.025Bq (¹³⁷ Cs点源)
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		水和土壤样品中钚的放射化学分析方法 (HJ 814-2016)	α谱仪	0.015Bq/kg

表 2-2: 环境辐射监测技术规程清单

序号	规程编码	规程名称
1	QS-4JXX-TPEM-5001	TLD 读出仪 (Harshow5500) 操作规程
2	QS-2EMS-TPEM-4014	青菜中 I-131 的测定
3	QS-2EMS-TPEM-3002	生物样品前处理及制样规程
4	QS-2EMS-TPEM-4006	生物样品中组织自由氚的测定
5	QS-2EMS-TPEM-4003	水中 Sr-90 测定
6	QS-4JTB-TPEM-5002	流气式总 α、总 β 计数器操作规程
7	QS-2EMS-TPEM-3008	环境贯穿辐射累积剂量(热释光法)测定规程
8	QS-2EMS-TPEM-3003	空气中 H-3 的采集与测定
9	QS-2EMS-TPEM-4007	生物样品中 Sr-90 的测定
10	QS-4JTR-TPEM-5006	HPGe γ 谱仪操作规程 (Genie2000)
11	QS-2EMS-TPEM-3010	水与沉降物中总 β 放射性测量
12	QS-2EMS-TPEM-2001	环境监测中放射性数据处理
13	QS-2EMS-TPEM-4008	生物样品中 Cs-137 的测定
14	QS-2EMS-TPEM-4002	水中氚的测定
15	QS-2EMS-TPEM-2002	环境样品编码规则
16	QS-2EMS-TPEM-3005	环境气溶胶总 α 总 β 放射性监测规程
17	QS-2EMS-TPEM-4004	水中 Cs-137 的测定
18	QS-2EMS-TPEM-3006	环境空气中 I-131 监测规程
19	QS-2EMS-TPEM-3009	海水及底泥采样规程
20	QS-2EMS-TPEM-4009	生物样品中 C-14 的测定
21	QS-4PRF-TPEM-5005	真空冷冻干燥机操作规程
22	QS-2EMS-TPEM-3001	土壤样品采集及处理规程
23	QS-2EMS-TPEM-4005	水中 C-14 的测定
24	QS-2EMS-TPEM-3007	环境贯穿辐射瞬时测量规程
25	QS-4QFB-TPEM-5007	原子吸收光谱仪操作规程

序号	规程编码	规程名称
26	QS-2EMS-TPEM-4011	气溶胶、沉降物中 Sr-90 的测定
27	QS-2EMS-TPEM-1003	环境 γ 辐射连续监测规程
28	QS-4JSY-TPEM-5003	Quantulus 1220 液闪谱仪操作规程
29	QS-2EMS-TPEM-3011	水中 γ 核素的测定规定
30	QS-2EMS-TPEM-4015	生物样品中有机氙的制备与测定
31	QS-2EMS-TPEM-3004	空气中 C-14 的取样与测定
32	QS-2EMS-TPEM-4001	土壤样品中 Sr-90 的测定
33	QS-2EMS-TPEM-3012	地下水采样规程
34	QS-4JXX-TPEM-5009	γ 辐射监测移动基站操作规程
35	QS-2EMS-TPEM-5011	水中 C-14 制样系统操作规程
36	QS-4MXX-TPEM-5008	大流量空气取样器运行规程

6. 监测大纲遵循原则

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011)并参考《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，确定《秦山核电环境辐射监测大纲》遵循原则为：

- 1) 体现运行电厂“三废”排放、秦三厂乏燃料临时干式贮存设施的运行对环境影响特征的辐射监测，重点是液态、气态流出物直接受纳体的监测。
- 2) 监测大纲应体现运行电厂“三关键”分析结论：
 - 关键居民组、厂区边界布点监测环境辐射现状；
 - 关键途径、重要途径是监测的重点；
 - 关注最大空气吸收剂量点或放射性核素最大浓度点附近的监测。
- 3) 以 22.5° 方位角划分监测区域，布点遵循近密远疏原则
 - 根据厂址地形、地貌、气象、水文特征、路况建筑、人口聚居情况作适当调整；
 - 核电厂预计最大污染方位监测布点适当加密，其它方位适当合并；
 - 环境 γ 辐射水平监测范围取 20km（对照点除外），放射性核素活度浓度监测半径取 10km；
 - 布点应满足统计学要求。
- 4) 监测方案遵循技术可行、经济合算的最优化原则
 - 监测介质合理选择；
 - 监测频度合理确定；
 - 监测项目合理可行；
 - 监测范围满足法规、标准要求。
- 5) 监测方案应体现掌握放射性核素在环境中分布、迁徙、积累趋势规律的要求；
- 6) 如果存在其它干扰源项，监测方案需体现鉴别监测的原则。

7. “三关键”分析结论

由于秦山厂址运行 9 台机组，四种堆型，另有秦三厂乏燃料临时干式贮存

设施，根据其气态、液态流出物排放特征，结合秦山地区区域气象特征，计算得出“三关键”结论。

● 秦山核电厂(350MW 机组)

关键居民组	关键途径/重要途径	关键核素/重要核素
南宋家村自然村青少年儿童组 (WNW 方位、距烟囱口约 1.5km)	食入农作物内照射 (气态) 吸入空气内照射 (气态) 空气浸没外照射 (气态)	^{14}C 、 ^3H 、 ^{88}Kr 、 ^{60}Co

● 秦山第二核电厂

关键居民组	关键途径/重要途径	关键核素/重要核素
杨柳山村三区自然村青少年组 (WNW 方位、距烟囱口约 0.8km)	食入农作物内照射 (气态) 吸入空气内照射 (气态) 空气浸没外照射 (气态) 地面沉积外照射 (气态)	^{14}C 、 ^3H 、 ^{88}Kr 、 ^{60}Co

● 秦山第三核电厂

关键居民组	关键途径/重要途径	关键核素/重要核素
钟家桥自然村青少年组 (W 方位、距烟囱口约 1.5km)	食入农作物内照射 (气态) 吸入空气内照射 (气态)	^3H 、 ^{14}C

● 方家山核电厂

关键居民组	关键途径/重要途径	关键核素/重要核素
南宋家村自然村青少年组 (WNW 方位、距烟囱口约 0.9km)	食入农作物内照射 (气态) 吸入空气内照射 (气态) 空气浸没外照射 (气态) 地面沉积外照射 (气态) 食入海水鱼内照射 (液态)	^{14}C 、 ^3H 、 ^{88}Kr 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs

8. 辐射监测项目与布点

由监测大纲遵循原则和重要照射途径/重要核素组合结论，结合 20km 半径范围居民生活习性确定本监测大纲的监测介质、监测项目、点位布设和分析频度。

8.1 监测介质

监测介质确定为：空气(含气溶胶、沉降物、雨水)，水体(海水、陆地水)，土壤(包括陆地表层土、海滩土、水体底泥)，农产品、畜牧产品、水产(海产品)。

8.2 监测项目

- 1) 环境 γ 辐射剂量率、贯穿辐射累积剂量；
- 2) 放射性活度— ^3H 、 ^{14}C 、放射性碘、 γ 核素、 ^{90}Sr 等反应堆裂变产物及中子活化产物，总 α (气溶胶)，总 β (气溶胶、沉降物、水)。

8.3 监测点位布设及监测频度

8.3.1 大气(空气介质)

大气是核电厂及附属设施气态流出物的直接受体，因而是重点监测的对象，对其开展环境 γ 辐射水平监测和空气样品放射性活度浓度监测。

1) 环境 γ 辐射水平

● 环境 γ 剂量率连续监测

环境 γ 连续监测点布设在各厂厂区（含秦三厂乏燃料临时干式贮存设施）或边界附近、关键居民组附近、人口密集居住区、主要城镇；最大污染方位适当增设监测点。厂址陆地侧 10km 范围内共设置 14 个固定式环境 γ 连续监测点，其中 3 公里以内有 8 个点，分别为一厂铁塔、一厂厂区、二厂厂区、三厂厂区、夏家湾(方家山核电厂厂区)、海堤、秦联、二厂扩建；3~10km 有 6 个监测点，即二厂铁塔、秦山镇、沈家浜、溁浦(SW、~8km)、武原(N、~8km)、滕泾(WNW、10km)。上述各点实施实时在线监测 γ 剂量率，测量的采样周期为 30 秒。布点方案见图 1。

注：滕泾监测点原为里洪塘，同时是秦山第二核电厂淡水取水口

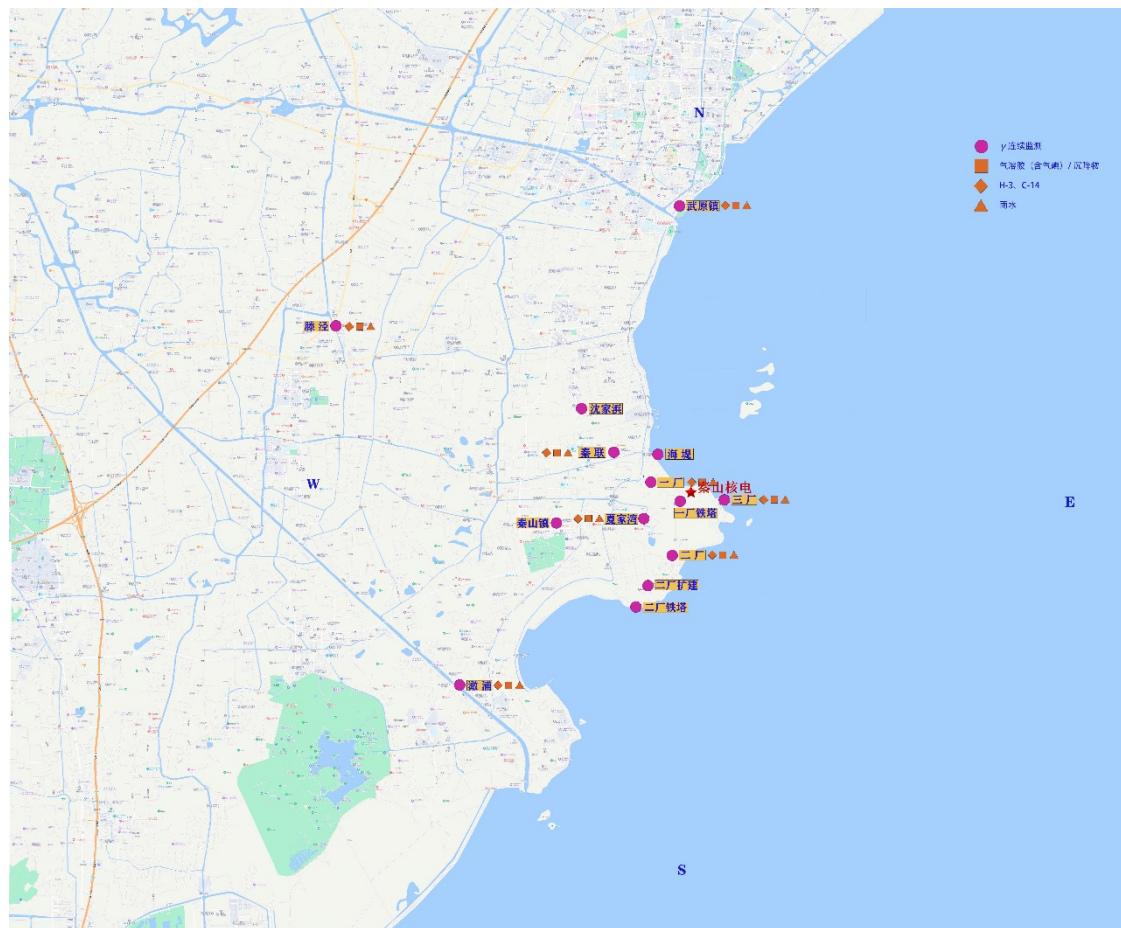


图 1: 空气样品采样点和 γ 连续监测点布置图

- 就地 γ 监测(瞬时 γ 剂量率测量)
厂址 60km 范围内, 16 方位角以近密远疏原则共布设 70 个就地 γ 监测点, 包括对秦三厂乏燃料临时干式贮存设施的周边环境剂量率监测。各监测点的方位/距离列于表 3。
就地 γ 监测的对象是路面和田野瞬时 γ 剂量率。监测频度每季一次。
- 贯穿辐射累积剂量
使用 TLD 剂量计监测环境贯穿辐射累积剂量。监测布点与就地 γ 监测点一一对应(除了少数几处岩石或岛屿礁石上, 因为没有田野或路面而有所不同外), TLD 监测点方位/距离见表 3。

表 3: 环境贯穿辐射累积剂量及就地 γ 监测点位布置

序号	地点	方位	距离 (km)	序号	地点	方位	距离 (km)
1	一厂A	西北	0.05	36	尹家桥	西西南	2.27
2	一厂C	西西北	0.14	37	钟家桥	西西南	1.38
3	微波站	北东北	0.26	38	小山脚	西南	1.69
4	培训楼	东北	0.20	39	杨柳村	西南南	2.01
5	秦山桥	西北	0.76	40	同丰	西西北	2.57
6	方家山北	西北	0.29	41	长川坝	西西南	2.78
7	白洋河桥	北西北	1.30	42	南北湖	西南南	11.30
8	二厂A	南西南	2.22	43	迎丰	西南	10.20
9	二厂C	南西南	1.71	44	新浦	西	10.10
10	二厂铁塔	南西南	3.26	45	何家	西北	11.80
11	北团	西南	4.58	46	石泉	西西北	12.20
12	合星	西西南	5.62	47	倪王庙	西西北	15.10
13	澉浦	西南南	7.12	48	谈桥	西	18.00
14	三厂A	东南	0.80	49	袁花	西西南	18.50
15	三厂B	东南	0.75	50	黄湾	西南南	15.80
16	三厂C	东	0.79	51	年长桥	西	14.30
17	隧道南	南	1.43	52	冯家头	西北北	11.40
18	三厂乏燃料A	南	1.15	53	艳阳桥	西北北	18.40
19	三厂乏燃料B	南	1.22	54	建设	西北	33.50
20	三厂乏燃料C	南	1.15	55	桐乡	西西北	38.20
21	三厂乏燃料D	南	1.10	56	武原镇	北	8.02
22	南秦山	南东南	1.29	57	九里湾	北	14.20
23	落塘	西北	3.71	58	新篁	北	20.00
24	秦联	西西北	2.21	59	东栅	北西北	37.90
25	南宋站	西西北	1.20	60	百步亭	西西北	18.90
26	石鼓桥东	西	1.10	61	硖石	西西北	25.30
27	夏家湾	西	1.25	62	骑塘	西西北	40.80
28	方家山南	西南	0.43	63	八团	北东北	15.20
29	隧道北	西西南	0.59	64	平湖	北东北	26.80
30	一厂铁塔	南	0.24	65	金山	东北	43.20
31	三官堂	北西北	5.42	66	盐官	西西南	33.50
32	许油车	西西北	8.10	67	乔司	西西南	63.00
33	新友	西	8.44	68	慈溪	东南	32.70
34	马家石桥	西西北	5.32	69	白塔山	东北	2.00
35	蒋家桥	西	4.47	70	毛灰山	北	0.65

2) 气溶胶 (含气碘) / 沉降物

在进行 γ 剂量率连续监测的部分点位上同时进行气溶胶/气碘、沉降物样品的采集，以关注各厂区（含秦三厂乏燃料临时干式贮存设施）气态排放和空气沉降的环境影响，取样点位分别为：一、二、三厂厂区监测点、夏家湾、秦联、武原、澉浦、滕泾，见图 1。

气溶胶/气碘采取联合取样方式，每周采样一次，每次连续抽气 72 小时左右，约 500m³ 空气；其中夏家湾监测点 24 小时连续采样，每周分析一次 γ 能谱，约 1200m³ 空气。距离秦山厂址 5km 范围内的沉降物取样点位累积每月采样一次，其余点位的沉降物每季度采样一次。监测项目的分析频度为：

项目 \ 介质	气溶胶	沉降物
总 α	周	-----
总 β	周	月/季
γ 谱	周(同时测气碘)	月/季
⁹⁰ Sr(放化)	年	年

备注：在大流量气溶胶采样器购置完成后，使用大流量气溶胶采样器开展气溶胶采样，采样频率调整为 1 次/月，采样体积大于 10000m³，同时气碘调整为 1 次/月，气碘采样体积大于 100m³，监测项目维持不变；干湿沉降物采样器购置完成后，使用干湿沉降物采样器采样，监测项目和监测频率维持不变。

3) 空气氚

空气 ³H 采样布点原则同气溶胶，见图 1。连续采样，每月分析累积样品；其中夏家湾监测点每周分析一个累积样品。

4) 空气 C-14

空气 ¹⁴C 采样布点原则同气溶胶，见图 1。每月采样一次，每次不少于 7 天。分析频度每月一次。

5) 雨水

雨水监测其中的氚活度水平，设一、二、三厂厂区点、夏家湾、秦联、武原、澉浦、滕泾采样点，见图 1。连续采样，制样分析频度每月一次。

8.3.2 水体

水体包括陆地水和海水。海水是液态流出物的直接受体，属于重点监测的对象。核电厂运行后气态流出物的排放弥散向水体的沉降、液态放射性物质的泄漏或渗漏均可能污染水体，特别是地下水体。

1) 海水——秦山厂址地处杭州湾畔，这里潮汐作用强烈，海水稀释能力强。各厂建设前的物模试验和数模计算结果表明，距排放口 1.5~2km 处，液态流出物的浓度基本趋于本底。据此，主要监测各厂排放口附近。设置 350MW 压水堆机组、600MW 压水堆机组、700MW 重水堆机组、1000MW 机组总排口附近各一个采样点，其他距厂址 3km(门山外、白塔山北、杨柳山南)和涨落潮上下游约 10km(武原、澉浦)各设一个监测点。采样分布点见图 2。

分析项目： γ 核素、³H、¹⁴C、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs(放化分析)、总 β 、⁴⁰K；监测频度：半年。

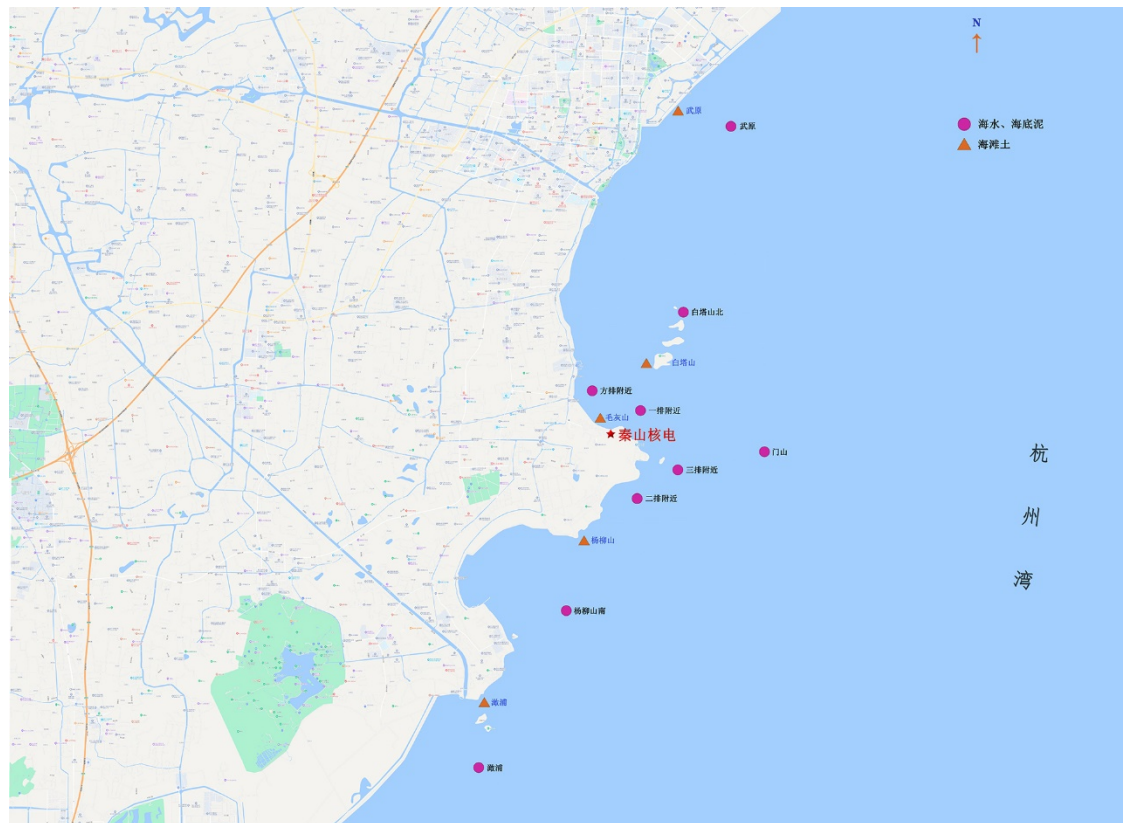


图 2：海水、海底泥、海滩土采样分布图

2) 陆地水——确定监测的对象为井水、湖塘水、厂区地下水。

- 井水：设置夏家湾、秦联、杨柳村、武原监测点（自来水管末端水）。武原监测点取自来水管末端水，其余监测点取井水，分析项目： ^3H 、 ^{14}C 、 γ 核素、 ^{90}Sr （夏家湾、武原）、总 α 、总 β ；监测频度：半年。

- 湖塘水：设置秦联、丰山(WNW、 $\sim 5\text{km}$)监测点。分析项目： ^3H 、 ^{14}C 、 γ 核素、总 β ；监测频度：半年。

对于氡的监测，另设置夏家湾、杨柳村、王家浜、甘姚门、澉浦南门湖塘水监测点，监测频度：季。

- 厂区地下水：主要用于监视核设施泄漏或渗漏对地下水环境的影响。针对运行电厂的监测，设置秦山一厂、二厂、三厂、方家山厂区各三个地下水监测点。

分析项目： ^3H 、 ^{14}C 、 γ 核素、 ^{90}Sr 、总 β ；采样频度为1次/月、抽测（四个生产单元，每个生产单元每月轮流取一个点）。

8.3.3 土壤

将陆地表层土、海滩土（潮间带土）、海底淤泥、湖塘水底泥归类为土壤介质。陆地表层土典型地指示气态流出物沉降、迁徙、积累信息；海滩土、海底泥放射性主要来源于液态流出物的沉积，气态流出物向海域侧弥散后沉降也会提供少量贡献。土壤介质主要与沉积外照射途径相关联。

1) 陆地表层土——监测范围取15km，布设夏家湾(W, $\sim 1.25\text{km}$)、秦联(WNW, $\sim 2.4\text{km}$)、杨柳村(SW, $\sim 2\text{km}$)、秦山镇(WSW, $\sim 3.5\text{km}$)、马家石桥(WNW, $\sim 4.5\text{km}$)、

梅园 (W, 7.5km)、石泉(WNW, ~14km)、澉浦(SSW, ~8.0km)、官堂(NNW, ~5.0km)、武原(N, 8.0km)、落塘(WN, ~3.7km) 11个监测点。

分析项目： γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ；分析频度：年。采样布点见图3。

2) 海底淤泥——监测点设置同海水，分析项目： γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ （各总排水口或附近各一点（4个））；分析频度：年。

3) 海滩土——与海底淤泥互为补充，获取岸边沉积辐射现状。设置白塔山、毛灰山、杨柳山、澉浦、武原监测点。

分析项目： γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ （毛灰山、杨柳山）；分析频度：年。海底淤泥、海滩土采样分布见图2。

4) 湖塘水底泥——设置秦联、丰山监测点。

分析项目： γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ；分析频度：年。

8.3.4 农产品

农产品是食入内照射的主要途径。本地规模种植并主要食用的农作物为蔬菜、粮食、经济类作物，如油菜籽、茶叶局部也有规模出产。采集叶菜、萝卜、稻米、茶叶、油菜籽等生物样品。

1) 叶菜/萝卜/稻米——主要食用农产品，布设小桥头(WNW, ~1.5km)、秦联(NW, ~2km)、秦山镇(WSW, ~3km)、马家石桥(WNW, ~4.5km) 4个监测点，采样分布见图3。

监测频度取决于生物体生长周期、种植季节，一般收获期即为采样期。由此确定：叶菜监测频度每年二次；萝卜、稻米监测频度每年一次。

分析项目： ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 γ 核素、 ^{90}Sr （秦联、乔司），其中叶菜另分析 ^{131}I （放化分析）项目。

2) 茶叶——设夏家湾、杨柳山、丰山(WNW, ~5km)监测点。

分析项目： ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 γ 核素、 ^{90}Sr （夏家湾）；监测频度：年。

3) 油菜籽——设秦联、丰山(WNW, ~5km)监测点。

分析项目： ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 γ 核素、 ^{90}Sr （秦联）；监测频度：年

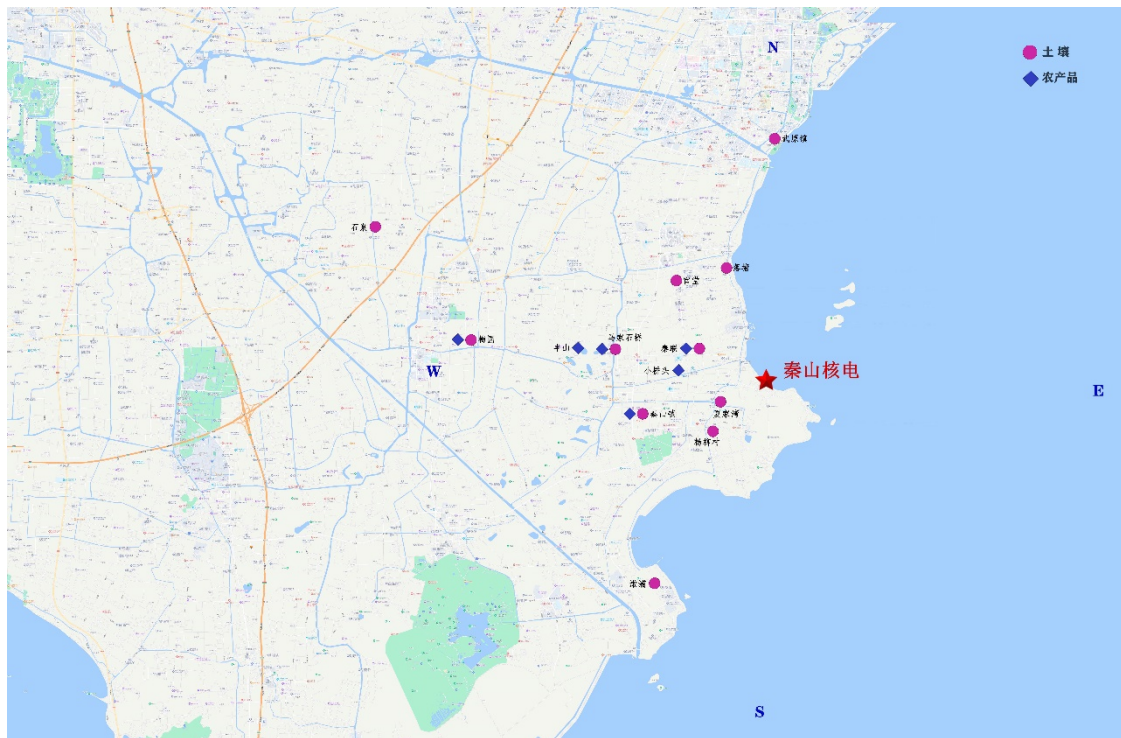


图 3: 陆地表层土、农产品(叶菜、萝卜、稻米)采样分布图

8.3.5 畜牧产品

针对食草放养或饲养动物的监测，属于途径分析之一，取羊样品。因本地主要发展饲料养殖的畜牧业，羊是局部放养的例外品种，但不发达，故羊的采样点设秦联、梅园两个监测点。

分析项目： ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 γ 核素、骨中 ^{90}Sr ；监测频度：年

8.3.6 水产

水产为海产品，杭州湾海产品种类及数量较少，取产量相对较多，属于秦山邻近海域优势品种的鲻鱼、白虾进行监测。秦山邻近海域设置 1 个监测点，采样频度每年一次，分析项目：

鲻鱼：肉中 γ 核素（包括 ^{131}I ）、 ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C ，骨中 ^{90}Sr ；

白虾： γ 核素（包括 ^{131}I ）、 ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 ^{90}Sr ；

8.3.7 指示生物

因其对特定核素具有较大浓集因子，从而能指示污染趋势，因而作为一类特殊介质单列。根据相关生态监测资料，设松针、苔藓、牡蛎指示生物监测品种。

- 1) 松针——主要监测厂址周围松树林，设置秦山、杨柳山 2 个监测点，布点见图 4。

分析项目： γ 核素、 ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 ^{90}Sr ，监测频度：年。

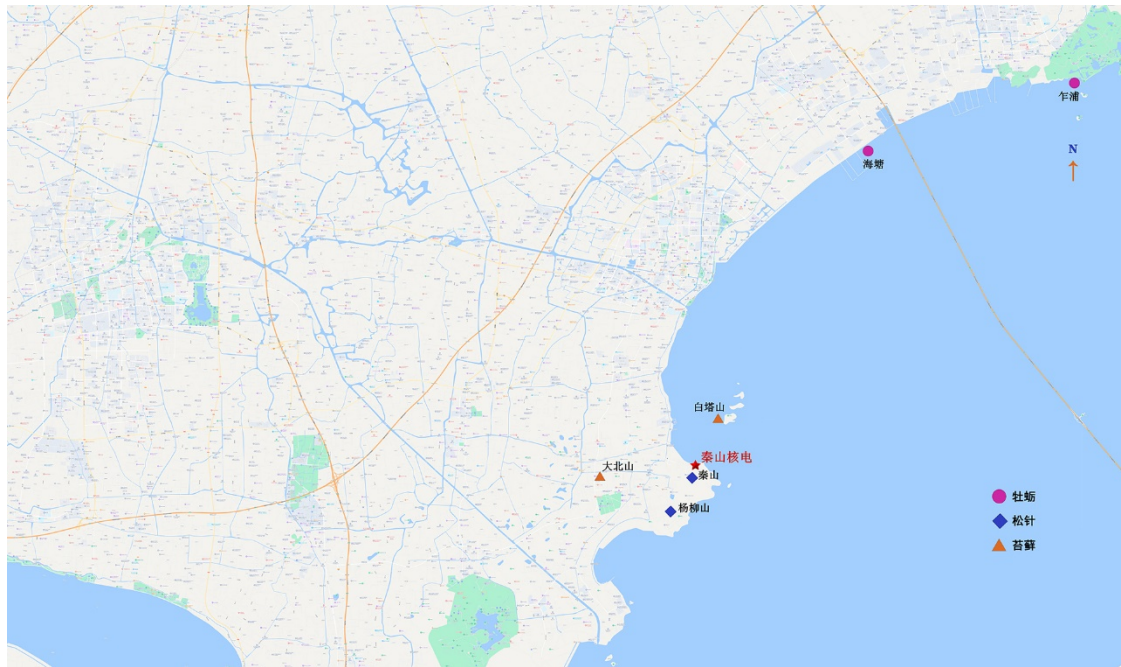


图 4：指示生物监测布点图

- 2) 苔藓——主要生长在潮湿地带，受生长环境所限，设白塔山、大北山监测点，见图 4。

分析项目： γ 核素、 ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C ，监测频度：年。

- 3) 牡蛎——设置海塘、乍浦 2 个监测点，见图 4。

分析项目： γ 核素（包括 ^{131}I ）、 ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 ^{90}Sr ，监测频度：年。

8.3.8 对照点

对照点是空间上的本底监测点，受核设施运行的影响可以忽略。这样的点一般位于核电厂区域风场风向频率分布小的方位，距离核电厂足够远且不受其他放射性设施的影响，基本没有工业污染的地方。据此，陆地对照点选择乔司 (WSW, 60km)、杭州 (WSW, 100km)；海洋对照点选择舟山 (ESE, 140km)。

陆地对照点分析项目除 $^{239+240}\text{Pu}$ 外与非对照点相同。采集叶菜、萝卜、稻米、油菜籽、羊、茶叶等生物样品和沉降物、雨水空气样品，进行核素活度分析；并开展就地 γ 剂量率和 TLD 贯穿辐射水平测量。分析频度除雨水为月，沉降物、就地 γ 剂量率、TLD 贯穿辐射为季，叶菜为半年外，其余均为年。其中茶叶取自杭州，其余均采自乔司。

海洋对照点为舟山渔场，采集海水、海底淤泥、海滩土样品。考虑舟山渔场的社会效应，设舟山渔场海产品监测点，监测品种为带鱼、白虾，海水采样频度为半年，其余采样频度每年一次，分析项目为：带鱼、虾肉中 γ 核素（包括 ^{131}I ）、 ^3H 、 ^{14}C ，白虾中 ^{90}Sr 、带鱼骨中 ^{90}Sr ，海底淤泥、海滩土中的 γ 核素、 ^{90}Sr ，海水的分析项目与非对照点相同。

根据“监测大纲”原则确定的秦山核电环境辐射监测方案见表4。

表4：秦山核电环境辐射监测方案

介质	监测对象	监测、分析项目	取样/测量频度	取样或测量点分布	布点数
大气	环境辐射剂量率	贯穿辐射	连续	秦联、海堤、一厂厂区、二厂厂区、夏家湾、一厂铁塔、武原镇、澉浦、秦山镇、三厂厂区、二厂铁塔、滕泾、二厂扩建、沈家浜	14
		贯穿辐射	季	以 22.5° 方位角近密远疏布点，按地形、气象、人口居住调整	70
	累积剂量	贯穿辐射	季	原则同上	70
	空气	³ H、 ¹⁴ C	周/月	一、二、三厂厂区、夏家湾、秦联、武原、澉浦、滕泾	8
		¹³¹ I	周	一、二、三厂厂区、夏家湾、秦联、武原、澉浦、滕泾	8
	气溶胶	β / α、γ 核素	周	一、二、三厂厂区、夏家湾（连续采样）、秦联、武原、澉浦、滕泾	8
		⁹⁰ Sr	周/年	一、二、三厂厂区、夏家湾（连续采样）、秦联、武原、澉浦、滕泾	8
	沉降物	总 β、γ 核素	月	一、二、三厂厂区、夏家湾、秦联	5
			季	武原、澉浦、滕泾、乔司	4
		⁹⁰ Sr	季/年	一、二、三厂厂区、夏家湾、秦联、武原、澉浦、滕泾、乔司	9
雨水	³ H	月	一、二、三厂厂区、夏家湾、秦联、武原、澉浦、滕泾、乔司	9	
陆地表层土	γ 核素、 ⁹⁰ Sr、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	年	秦联、石泉、马家石桥、杨柳村、夏家湾、秦山镇、梅园、澉浦、官堂、武原、落塘、乔司（不分析 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu）	12	
农产品	大米	γ 核素、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C	年	秦联+ ⁹⁰ Sr、乔司+ ⁹⁰ Sr、马家石桥、秦山镇、小桥头	5
	萝卜		年		5
	叶菜	¹³¹ I、γ 核素、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C	半年		5
	茶叶	γ 核素、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C	年	杨柳山、杭州+ ⁹⁰ Sr、夏家湾+ ⁹⁰ Sr、丰山	4
	油菜籽	γ 核素、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C	年	秦联+ ⁹⁰ Sr、乔司+ ⁹⁰ Sr、丰山	3
	羊	骨： ⁹⁰ Sr，肉：γ 核素、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C	年	秦联、乔司、梅园(各一头)	3
陆地水系	井水	γ 核素、 ³ H、 ¹⁴ C、总 α、总 β	半年	秦联、武原（自来水管末端水）+ ⁹⁰ Sr、杨柳村、夏家湾+ ⁹⁰ Sr	4
	地下水	γ 核素、 ³ H、 ¹⁴ C、总 β、 ⁹⁰ Sr	月、抽测	一、二、三厂厂区、方家山厂区各 3 点	12
	湖塘水	³ H	季	秦联、丰山、杨柳村、夏家湾、王家浜、甘姚门、澉浦南门、乔司	8
		γ 核素、 ¹⁴ C、总 β	半年	秦联、丰山、乔司	3
湖塘水底泥	γ 核素、 ⁹⁰ Sr	年	秦联+ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、丰山+ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、乔司	3	
海洋	海水	γ 核素、 ³ H、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs (放射)、总 β、 ⁴⁰ K	半年	各总排水口或附近各一点 (4 个)、澉浦、武原、门山外、白塔山北、杨柳山南、舟山	10
	海底淤泥	γ 核素、 ⁹⁰ Sr	年	同上 (各总排水口或附近各一点 (4 个) 增加 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu 分析)	10
	海滩土	γ 核素、 ⁹⁰ Sr	年	杨柳山+ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、毛灰山+ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、白塔山、武原、澉浦、舟山	6
海产品	鲻鱼	骨： ⁹⁰ Sr，肉：γ 核素(包括 ¹³¹ I)、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C	年	乍浦	1
	白虾	γ 核素 (包括 ¹³¹ I)、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr	年	秦山邻近海域、舟山	2
	带鱼	骨： ⁹⁰ Sr，肉：γ 核素(包括 ¹³¹ I)、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C	年	舟山(沈家门)	1
指示生物	牡蛎	γ 核(包括 ¹³¹ I)、 ³ H(TFWT, OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr	年	海塘、乍浦	2
	松叶	γ 核素、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr	年	秦山、杨柳山	2
	苔藓	γ 核素、 ³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C	年	白塔山、大北山	2

注：

- 1、夏家湾对应为秦三厂关键居民组（钟家桥自然村）、杨柳村对应为秦二厂关键居民组（杨柳山村三区自然村）、秦联对应为秦一厂及方家山关键居民组（南宋家村自然村）。
- 2、TFWT 表示为组织自由水气，OBT 为有机氚检测项目。