

问题探讨

## 浙江省核电建设与环境安全的协调性分析

王亮,郑惠娣,钱锐

(浙江省辐射环境监测站,浙江 杭州 310012)

**摘要:**浙江省缺乏常规能源,在能源结构中,火电比重已经过大,加快核电发展,是我省电力发展的必然选择。继中国第一座自行设计、建造的核电站——秦山核电站之后,浙江省第二座核电站三门核电站的两台目前国内最先进的百万千瓦级压水堆技术机组也即将在 2015 年投入运营。加速核电建设不仅保证能源安全、调整能源结构,而且能实现节能减排、减少环境污染,建设环境友好型、资源节约型社会、推动经济社会又好又快发展。我省核电建设应通过加强核电站的安全检查、设计建设中安全措施保障、解决核电建设存在的相关问题和加强监测网络的建设等,促进浙江省的核电建设与环境安全协调发展。

**关键词:**浙江省;核电建设;环境安全;协调性

中图分类号:TM623,X771 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2014)05-0048-04

### ANALYZING THE COORDINATION BETWEEN THE ZHEJIANG NUCLEAR POWER CONSTRUCTION AND ENVIRONMENTAL SAFETY

WANG Liang, ZHENG Hui-di, QIAN Rui

(Zhejiang Province Radiation Environmental Monitoring Center, Zhe Jiang 310012 China)

**Abstract:** Zhejiang Province, the lack of conventional energy, in the energy structure, the proportion of thermal power is too large. so accelerating the development of nuclear power, is the inevitable choice for our province electric power development. After Chinese first self-design and self-build nuclear power plant—the QinShan nuclear power plant, the second nuclear power plants in Zhejiang Province, SanMen nuclear power station which sets of the most advanced of the current million kilowatt pressurized water reactor technology, will be put into operation in 2015. Accelerate nuclear power construction, not only help to ensure energy security, adjust the energy structure, but also achieve energy conservation, reduce environmental pollution, build environment-friendly and resource-saving society, promote economic social develop fast. In order to promote the nuclear power construction safety and environmentally, there should be more security check, more security design and our government must solve the relevant problems existing in the construction of nuclear power and strengthen the construction of the monitoring network in Zhejiang Province.

**Key words:** Zhejiang; Nuclear power construction; Environmental safety; Coordination

收稿日期:2014-06-12

第一作者简介:王亮(1980-),女,辽宁人,2006年毕业于浙江大学化学系,硕士研究生,工程师,主要从事核与辐射环境监测及分析工作。

## 1 浙江省的核电发展与能源问题

当今世界,能源问题已经成为全球、全人类共同关心的焦点问题之一,能源在社会发展进程中具有重要的战略意义,也是经济发展的基础。能源问题的焦点在于,以化石燃料为主的能源格局面临着巨大的挑战,已经到了难以为继的境地。可以看到,主要面临两大挑战:一是化石燃料资源日益短缺,引起了重大能源安全问题;二是化石能源利用中,排放大量的 $\text{CO}_2$ ,引起全球关注的环境问题。

浙江省地处东南沿海,经济发达、人口稠密,缺乏常规能源。2012年,浙江省一次能源生产总量为1 710万t标准煤,比2011年增长26.3%。净调入和进口能源16 197万t标准煤,全省一次能源自产率为4.4%(当量值)<sup>[1]</sup>。一次能源主要指石油、天然气和煤等化石能源。由于我国的人均能源消费水平远低于美国等发达国家的水平,则可以预见,现有的以化石能源为主的能源格局显然是无法支持若干年后的能源需求,届时将严重阻碍经济的顺利发展,特别是自产率低于5%的浙江省,于是,一场能源争夺的“竞争”或“战争”将愈演愈烈。这就是所谓“能源安全”问题。还有不得不引起重视的一个方面就是化石能源的利用带来的环境问题。根据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)于2007年发布的第四份气候变化评估报告,人类活动特别是工业生产中燃烧化石燃料导致地球大气中二氧化碳等温室气体浓度创纪录地升高,这些活动造成全球气候逐渐变暖的可能性超过90%。该报告还指出,到21世纪末,由于温室效应,地表平均温度将升高 $1.1^{\circ}\text{C}\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ 。地表温度升高 $1.5^{\circ}\text{C}$ ,就会有20%的物种灭绝,升高 $3.5^{\circ}\text{C}$ ,就会有40%~70%物种灭绝;无休止地使用化石能源,必然危及人类生存环境。同样,化石能源的利用也是雾霾形成的原因之一。

显然,出路应该不外乎三条:一是提高能源利用效率,减少经济社会发展的能源需求;二是大幅度减少对化石能源的依赖;三是大幅度减少化石能源利用过程中对大气的 $\text{CO}_2$ 排放。在第二条对策中,核能与多种可再生能源的利用日益受到重视。其中核能又是近中期人们更为看好的发展选择。

## 2 浙江省的核电发展与环境保护

2004年7月,位于浙江南部的三门核电站一期工程的建设获得国务院批准。这是继中国第一座

自行设计、建造的核电站——秦山核电站之后,获准在浙江省境内建设的第二座核电站。核电是我省能源长期重大的战略选择,核电可以成为我省能源的一个绿色支柱。

### 2.1 核电是一种技术成熟的清洁能源

与火电相比,核电不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物和二氧化碳。以核电替代部分煤电,不但可以减少煤炭的开采、运输和燃烧总量,而且是电力工业减排污染物的有效途径,也是减缓地球温室效应的重要措施。

### 2.2 核电站“三废”排放对环境的影响

核电站和其他燃煤燃油的发电厂一样,也要向环境排放废气、废水、废渣。但核电站的“三废”有个明显的特点,就是带有放射性。为此,核电站设有一套精密严格的措施和制度,采用先进的科学技术,使排放的放射性远低于国家允许的标准,比自然本底值还低很多。

#### 2.2.1 核电站的放射性气体排放影响

核电站不排放温室气体,高耸的大烟囱一丝青烟也不冒。因为核电站是靠核燃料经核反应释放的能量来发电的,没有火焰,不产生任何粉尘、烟灰和 $\text{CO}_2$ 。核电站的废气主要来自一些工艺过程和厂房的通风排气,排出前要经过三道程序进行放射性的去除过滤,绝大部分含放射性的粉尘在厂房内就被滤掉,只有极少极细的颗粒从烟囱排到上空,也容易随风飘散。还有一些带放射性的气体物质如碘,要专门设置气体吸附器来去除,最后再经过放射性的仪器测量达标后才能从烟囱排出去。一些来自工艺过程的废气,有时带的放射性较强,需要将其压缩到衰变箱内贮存一段时间,待其放射性自然衰变减少到一定程度,再通过过滤器而后再进行烟囱排放。

#### 2.2.2 核电站的放射性液体排放影响

核电站的放射性液体与气体一样,各处厂房产生的废水或洗涤水,都必须收集起来,按照其放射性的强弱和含盐量的多少进行分类处理。如贮存衰减、蒸发浓缩、离子交换、电渗析、反渗透等都是常用的方法,通常都采用综合处理流程,处理后的水再经监测允许,可循环复用,一部分经稀释后排到江河海洋。实际上处理后的排水清澈干净,人们在核电站旁边养鱼养虾,游泳垂钓,不存在任何安全问题。在寒冷的地区,还可以利用核电站排水有较高的温度,来调节水产养殖场的水温,以

提高产量增加品种。

无论是气体或液体的排放,都有准确而灵敏的测量仪器在监测,在排放口还有自动控制装置,一旦排放物的放射性水平超过控制限值,特设的阀门便会自动关闭,停止外排,并发出报警信号给当班人员及时加以处理。所有的排放情况都有详尽的记录,供查询和研究。

### 2.2.3 核电站的固体放射性废物

至于固体废物,包括蒸发残留下的浓渣、过滤后的泥浆、离子交换后的废树脂、用过的过滤器芯、报废的设备和工具以及劳保用品等。可压缩的废物或可燃烧的废物,经过压缩和焚烧减少其容积。对于泥浆、残渣、灰烬、废树脂等,则用水泥、沥青或塑料和它们掺和一起,然后封装在金属或水泥桶内,制成固体块,这样就不容易散失。最后将这些桶块送到永久性的贮存库堆放,长期埋藏起来。放射性最强的应属用完了的核燃料,这些废物先卸到深水池里存起来,并保持上面有一层6~7 m厚的水层,阻挡射线泄漏。废燃料在水池里存放相当长的时间以后,再用特制的屏蔽运输车送到废燃料处理厂进行处理,并可提取一些宝贵的金属,在那里废燃料又变成了“宝”。

### 2.3 秦山核电站周围环境的放射性监测

因为核电站对“三废”的控制很严格,而且有一系列的技术措施加以保证,将排放的放射性减至最低限度,因此大多核电站实际运行时的实时监测数据表明其对周围环境的影响是很小的。

根据浙江省辐射环境监测站的“秦山核电基地外围辐射环境监督性监测(1992~2013年)专题报告”的分析结果,秦山核电基地各核电厂安全、正常运行,核电基地各核电厂每年的气载和液态放射性流出物排放量均低于国家规定的限值;自2003年以来,在秦山核电基地周围关键居民点的空气、降水和地表水中氡含量有所升高,但其对公众所产生的年附加有效剂量很小,远低于国家规定的标准限值;2012年,在核电基地周围海域牡蛎中检测到微量的 $110\text{ mAg}$ 人工放射性核素,其余环境介质中均未检测到人工放射性核素。

历时22年的监测结果表明,秦山核电基地周围环境处于安全水平,其放射性物质的排放,不会对核电厂周围公众的健康造成影响。

## 3 浙江省的核电发展与环境安全

浙江省的能源结构中,火电比重已经过大,进一步发展必将受到资源、环境容量和运输能力等的严重限制。核电作为一种清洁能源,技术已经成熟,安全可靠得到了实践验证,供应能力较强,已成为能源电力战略的重要组成部分。加快核电发展,是我省电力发展的必然选择,是满足经济和社会发展的重要保障,已经逐渐成为全省上下的共识。

### 3.1 浙江省运行和在建核电站的安全检查

2011年的日本“福岛核电站事故”给全世界的核电发展敲响了警钟。事故发生后,我省立即对运行和在建核电站采取安全检查,得出的结论是:秦山核电站总体上是安全的,核安全监管是到位的,应对类似福岛核事故是有措施的;在建三门核电站质量是受控的,核安全监管是有效的,通过改进,安全性和技术性能均有不同程度的提高,根据建设的进度将在施工过程中采取相应的应对类似福岛核事故的措施。

### 3.2 核电站设计中的相关安全措施

核电站在运行中发生重大事故的概率非常小,随着科技的发展,安全性也不断提高。我国核电站的建设采取了大量的安全措施<sup>[23]</sup>,根据浙江的天文、地质、气候等因素,有几点措施十分重要:

#### 3.2.1 抗地震设计

所有涉及核电站安全的系统、设备、建筑物均应具备抗安全停堆地震的能力,其年超越概率为0.01%;厂址必须远离断层,特别是地表产生裂缝或错动的活动断层;厂房地基应安放在基岩上。

#### 3.2.2 防洪水的要求

滨海核电站基准洪水位的确定需考虑外部洪水事件组合:包括最高天文潮、可能最大风暴潮(台风)、海啸、海平面上升、暴雨洪水、上游溃堤以及波浪影响等,其年超越概率为0.1%;核电站的厂坪标高一般要高于基准洪水位,即所谓的干厂址;核电站厂址周围需设置挡浪墙。

#### 3.2.3 核电站供电及应急电源

每台机组从主网(500kV)上通过2台厂用变压器供给厂用电;输电线按 $N+1(N+2)$ 考虑,以留有相当的冗余;同时还考虑设置1条专用的备用外电源(220kV),通过2台备用变压器,专门在主外电网故障时提供厂用电。此外,每台机组还设有二台核安全级的应急柴油发电机,为核电站提供应急电源;为确保应急电源的可靠性,每个厂区还

设置了1台附加柴油发电机,在机组失去内外电源时,提供应急电源。

### 3.2.4 严重事故预防和缓解

现今,中国的核电站吸收了近40年来核电建造、设计、科技、运行上的经验,在技术上更先进,同时也借鉴了目前建造的第三代核电站的一些理念,即通常称为第二代改进型核电站<sup>[4]</sup>。在第二代改进型核电站中,对严重事故采取了以下预防和缓解措施。

(1)防氢爆措施。每台机组在安全壳内不同部位,设有氢浓度测量装置,监测氢浓度;当氢浓度超标时,启动移动式氢复合装置,抽取安全壳内的空气,将氢与氧点火复合。目前新投产的机组又增加了非能动氢复合装置,以便随时进行氢复合,减少氢气在安全壳内聚集的风险。

(2)设置安全壳过滤排放系统,防止安全壳超压失效。通常,安全壳内保持负压,当安全壳压力超过设定值时,启动安全壳过滤排放系统,将安全壳气体通过文丘利管组成的喷射水洗系统,过滤掉放射性杂质、气溶胶、元素碘,然后再经金属棉过滤,排入大气。既防止安全壳超压,又避免污染环境。

(3)稳压器快速卸压。正常情况下通过稳压器上的泄压阀和安全阀排汽,以维持反应堆压力在容许范围;在严重事故情况下,通过快速卸压,将蒸汽排入卸压箱内,迅速降低压力容器的压力,防止压力容器超压和高压熔堆。

### 3.3 抓住核电发展的机遇,解决我省核电建设现存的问题

秦山核电站的建成开创了我国大陆发展核电事业的先河,全国人民,特别是浙江人民为此感到骄傲。随着强大的电流源源不断地输入电网,在电力生产过程中总会产生一些放射性废物,这些放射性废物通常采用就地暂时贮存处理。由于放射性核素的衰变,贮存可降低辐射的影响,但暂存库的贮藏容量是有限的,设计时的暂存时间通常只有5年,我们必须尽快为核电厂的中低水平放射性废物寻找一条最终出路。秦山核电站已运行20多年了,想必暂存库内已贮藏了大量的中低水平放射性废物,而且三门核电站也即将投入运行,为放射性废物寻找“归宿”已迫在眉睫。

目前,我国已建有两座中低放废物处置场,分别位于甘肃玉门和广东大亚湾附近的北龙。后者

主要接收和处置广东省核电站产生的低中水平的放射性固体废物。

“如果条件允许,在废物产生地或在中间贮存场附近寻找处置场,这样可避免因废物运输产生的照射,回避危险,降低费用等,是一种合理的选择”,因此,在秦山地区或者三门地区建设浙江省中低放废物处置场是一种合理的选择。但是新处置场选址工作、审批工作不仅时间周期长,且由于各种因素可能不能按计划顺利地进行。因此我省应尽早着手开展中低放废物处置场的调研选址工作,尽早建设,为核电站的顺利运行提供良好的保证。同时还应寻求降低放射性废物产生量的方法,积极进行减容处理,减少处置量,争取延缓必须进行处置的时间。

### 3.4 进一步完善辐射环境监测网络布点,加强监测与监督

在对日本福岛核事故的应急响应中,长期运行的国控网累积的辐射环境背景数据发挥了不可或缺的作用。因此,在后福岛时代,应进一步完善全省辐射环境监测网络布点,特别是三门核电站周围的网络布点,完善监测项目,尤其是饮用水的监测点,填平补齐各市在大气、水、土壤、生物等方面的辐射环境监测点,加强监测网的建设,积累更为完善的辐射环境背景数据,提升辐射环境监测能力,加强监督,为核电站的安全运行提供保障<sup>[5]</sup>。

## 4 结论

核电作为一种清洁能源,技术已经成熟,安全可靠得到了实践验证,供应能力较强,已成为能源电力战略的重要组成部分。加快核电发展,是我省电力发展的必然选择。我省核电建设应通过加强核电站的安全检查、设计建设中安全措施保障、加快建设中低放废物处置场和加强监测网络的布设等,促进浙江的核电建设与环境安全协调发展。

## 参考文献

- [1]浙江省统计局.《2012年浙江省能源生产与消费情况》,2013年8月20日。
- [2]叶奇蓁(中国工程院院士).从“福岛第一核电站事故”看我国核能利用的核安全[J].物理,2011,10(7):427-433.
- [3]叶奇蓁(中国工程院院士).解析我国核能利用与安全状况[N].国家电网报,2011-04-07(006).
- [4]叶奇蓁(中国工程院院士).后福岛时期我国核电的发展[J].中国电机工程学报,2012,32(11):1-8.
- [5]张瑜,杨维耿.对后福岛时代我国辐射环境监测的建议[J].核安全,2012,12(s1):131-133.