

# “华龙一号”安全落地

可以避免发生类似日本福岛核电站那样的事故

◆本报记者唐斐婷

5月7日上午10点56分,在福建省福清市三山镇前薛村——中核集团福清核电5号机组建设现场,随着反应堆厂房第一罐混凝土的浇灌,我国自主三代核电技术“华龙一号”示范工程——福清5号核电机组正式开工建设。这是“华龙一号”在全球开建的首台机组。

中核集团总经理钱智民认为,“华龙一号”的落地具有里程碑意义。目前尚没有三代核电机组建成,“华龙一号”的落地使中国成为继美国、法国、俄罗斯等之后,又一个具有独立自主的三代核电技术的国家,跻身先进核电技术的“第一阵营”。

作为我国具备自主知识产权的三代核电技术,“华龙一号”终于从图纸走到了人们眼前。“华龙一号”首堆示范工程在安全性上有何特点?

## “华龙一号”是否符合国际最高安全标准?

据介绍,在设计创新上,华龙一号提出“能动和非能动相结合”的安全设计理念,设计了双层安全壳,安全性和性能指标达到了国际三代核电技术的先进水平。一旦发生事故,能够保证堆芯安全,带出堆芯热量。而且通过电力驱动等方式循环,可以达到冷却效果。即便在电源等动力源丧失时,依靠自然循环,也可以达到冷却目的。

“‘华龙一号’反应堆采用中核集团‘177堆芯’设计,相比国内在运核电机组,发电功率提高5%~10%的同时,降低了堆芯内的功率密度,提高了核电站的安全性。”中核集团新闻发言人潘建明告诉记者。

在核电建造安全性方面,我国反复强调要采用全球最高安全标准来建造我国核电站。今年4月15日召开的国务院常务会议提出,要采取国际最高安全标准,确保工程建设和运营安全,形成拥有自主知识产权的关键装备与核心技术。

据钱智民介绍,“华龙一号”提供了满足这一安全要求的又一机型选择。那么,“国际最高安全标准”指的是什么?



图为工作人员在“华龙一号”开工现场进行施工测量。

张殿元摄

“‘国际最高安全标准’指的是我国编制的《“十二五”新建核电站安全要求》中的安全标准,这一标准采纳了国际原子能机构(IAEA)和西欧核监管协会(WENRA)等的最新安全要求,这些要求都是在吸取福岛事故教训的基础上制定的。”环境保护部核与辐射安全中心总工程师柴国早告诉记者,虽然《“十二五”新建核电站安全要求》至今没有正式发布,但“华龙一号”就是要求按照这个最新标准来设计的。

柴国早表示,作为具备完全自主知识产权的三代技术,“华龙一号”总体上能满足我国《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》提出的“从设计上实际消除大量放射性物质释放”的要求,从而避免发生类似福岛核电站那样的事故。

## 一种技术两个版本是否会引起安全系统上的差异?

事实上,由中核和中广核集团共同设计研发的“华龙一号”的背后,是中核和中广核两种技术路线的融合。

福岛核事故之后,中核与中广核集团分别在二代改进型技术的基础上推出了自主的三代技术,分别命名为

ACP1000和ACPR1000+。国家能源局认为,两种技术实际上同宗同源,应该融合成一种技术。

其后,中核与中广核在国家能源局的召集下达成协议,双方同意在两种技术基础上,采用以“中核ACP1000 177堆芯和中广核ACPR1000+三套非能动安全系列”为主要内容的融合方案。去年8月22日,中核与中广核正式签署“华龙一号”技术融合协议。

据业内人士介绍,在技术上,中核集团与中广核集团的“华龙一号”融合后依然存在差异,因此,可以说是“一种技术,两个版本”。

如今,随着福清5号机组的开工,有人担心,两个版本的“华龙一号”是否会引发安全系统上的差异?

对此,邢继表示,中国的核电技术是以压水堆技术为主,这个原则就决定了技术路线是一致的。核电技术发展也是渐进性的,不断在改进。中核和中广核双方共同制定了安全指标,虽然稍有差异,但是达成设计参数是完全满足的。差异也带来积极的作用,可以通过示范工程的验证,不断优化设计,取长补短,发展技术。

对于“华龙一号”的未来融合发展,邢继认为,最关键的衡量指标是安全。

“也许将来没有什么差异,也许会保留一些差异,但是安全目标是一致的,达到的安全水平也是一致的。”

对此,柴国早也向记者表示,无论两个版本的“华龙一号”在设计上存在什么差异,最终的安全要求是一致的。

## “华龙一号”首堆示范工程建设会延期吗?

作为“华龙一号”在全球的首堆示范工程,福清5号机组的开工建设对国内核电发展与国际合作都具有重要意义。

那么,首堆示范工程的建造能否如期完成?

据柴国早介绍,“华龙一号”采用了大量成熟的核电设备,但是在系统设计和建造施工方面与我国在运核电机组存在一些差别,因此首堆示范工程的建造能否按期完成,目前还不得而知。

“由于是完全具备自主知识产权的全新三代核电技术,跟我国当前在运核电机组相比,福清5号机组在建造施工过程中可能存在一些需要重新设计的东西,比如构筑物设计跟以前的有所区别,压力容器、堆内构件等也需要重新设计,还有工程图纸也需要适当调整。”柴国早告诉记者。

据柴国早介绍,国内核电站的施工工期一般是5年左右,但由于福清5号机组是“华龙一号”的首堆示范工程,原本的施工计划就比较紧凑,因此目前的施工压力比较大。

“我们希望相关各方按照核的规律办事,通过精心设计、精心制造、精心施工、精心管理,福清5、6号机组能按计划高质量地完成建造任务,但大家同时要提前做好福清5、6号机组建造工期可能延期的心理准备,毕竟自主设计的‘华龙一号’不同于以往改版加改进核项目,国际上核电首堆项目工期普遍延期是客观事实,更何况我国核研发的基础能力相对较弱。”柴国早说。

不过,他进一步指出,为了确保安全,核电站首堆示范工程的延期在国际上也并不鲜见。因为在首堆示范机组的建设过程中,针对随时发现的安全问题,国家核安全局都要进行深入的安全审评,通过审评后才能继续建造。



省市县三级联动 分级分类各有侧重

## 陕西开展辐射安全执法检查

本报讯 记者近日了解到,陕西省环保厅将在全省范围内开展辐射环境安全专项执法检查活动,依法严肃查处涉辐单位的违法违规行为。

据了解,陕西省环保厅本次专项检查将清查核技术利用单位《辐射安全许可证》的持证、换证及是否按照许可种类、范围从事辐射活动的情况;辐射项目环评和“三同时”执行情况;辐射安全与防护设施运行管理情况;以及规章制度的完善、落实情况;仔细核查“五报告”等。

记者还获悉,此次将对2014年执法检查过程发现问题的整改情况进行后督察,包括作业单位是否取得辐射安全许可证和向作业地环保部门办理备案等相关手续,是否按照许可种类、范围实施辐射工作;探伤、测井作业是否按国家安

全和防护标准要求划出安全防护区域,设置明显的放射性标志;从事探伤和测井作业单位在作业地是否按照国家相关标准规定建有放射源暂存场所或设施等进行核查;同时查看签有委托或租用其他单位服务或设施开展辐射工作的,其相关合同是否在有效期内。

据了解,此次检查将按照分级分类,省、市、县三级联动、各有侧重的原则进行,陕西各市局负责辖区内IV、V类放射源、III类射线装置利用单位及110千伏输变电工程建设项目的执法检查工作;省环保厅对III类以上放射源(含非密封源工作单位和场所)和II类以上射线装置利用单位辐射安全状况逐一进行检查。

岳舰 肖颖

## 日照出台辐射事故应急预案

人员超剂量照射需两小时内书面上报

本报记者董若义 通讯员孙勇强

日照报道 山东省日照市环保局、公安局等多部门日前联合印发《日照市辐射事故应急预案》(以下简称《预案》),明确将进一步健全辐射事故应急机制,提高应急响应能力,及时有效处置放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等过程中发生的辐射事故,控制和减轻事故后果,保障从业人员、公众和辐射环境安全。

据了解,日照市成立了辐射事故应急组织领导小组,即辐射事故应急组织领导小组,下设办公室、应急监测组、应急处置组、应急救援组、应急保障组、专家咨询组,以及各区县和各有关部门、企事业单位辐射事故应急组织领导小组。

《预案》规定,发生辐射事故时,事故单位应当立即启动本单位辐射事故应急预案,采取必要防范措施,并立即向当地环保部门和公安部门

报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向当地卫生部门报告;并在两小时内填写辐射事故初始报告表报送相关部门。接到辐射事故报告的相关部门应及时上报同级辐射事故应急办公室,由应急办公室及时上报同级政府和辐射事故应急领导小组,并在两小时内形成书面报告,报上一级辐射事故应急办公室,直至省辐射事故应急领导小组办公室。

此外,根据《方案》要求,辐射事故应急响应部门应根据各自特点,制定辐射事故应急演练计划和方案,每年对辐射事故应急响应人员进行至少一次培训。日照市辐射事故应急领导小组根据辐射事故应急预案,结合实际情况,每两年组织一次综合性辐射事故应急演练。各部门每年至少开展1次辐射事故应急演练。

“核电大家谈”征文优秀作品选登

## 芬兰核电厂新建气冷塔

不依赖海水冷却 切实增强安全性

本报讯 据了解,芬兰洛维萨(Loviisa)核电站将采用一种新型冷却系统,能确保核电站在冷却海水不可用的情况下保持安全运行。

据核电运营商芬兰富腾公司介绍,洛维萨电厂已有一个海水冷却系统,但新的气冷系统可以进一步增强核电站的安全性。“新系统可用于反应堆失去海水冷却这样的极端不可能的情况。”公司相关负责人解释说,“例如在芬兰海湾出现石油灾难或出现类似于藻类暴发的特殊自然现象”。

与化石燃料电厂不同,核电站的反应堆在停堆期间也需要冷却,以去除放射性衰变热。为此,核电站也装备有应急堆芯冷却系统,以确保即使在主冷却系统出现故障时也不会丧失冷却功能。芬兰洛维萨核电站已有失去海水时的备用冷却系统,但富腾公司说,新的气冷塔将进一步加强电厂的安全性。

据介绍,由富腾公司设计、匈牙利的赫亚GEA EGI公司供货的冷却塔已经在洛维萨电厂现有系统中集成,所需电力供应是通过电厂的备用电源提供的。新塔的建设已于今年2月完成,最终调试将在今年晚些时候的电厂年度维修期间进行。

作为对日本福岛第一核电站核事故后的响应,实施核电站安全评价是欧盟压力测试计划的一部分。富腾公司管理者萨穆利·萨沃莱恩(Samuli Savolainen)说,“此前已经在其他类型的电厂采用过气冷系统,但洛维萨核电站采用的冷却塔类型在全球核电厂中尚属首次。从代价——效益分析看,主要是增强了采用海水冷却的核电站的安全性。”

陈晓秋

## 核电一堵墙 内外两重天

王祥

2014年对于福建省福清核电的每一个人来说都是非同寻常的,我们见证了一号机组从首次装料、首次临界、首次带核冲转、首次满功率运行以及正式投入商业运行的历程,一路走来,每一位工作人员都深知其中的不易。

一号机组就好比刚出生的婴儿,经过每一位工作人员的细心照顾,终于茁壮成长并有力地担负起这个大家庭经济支柱的重任。作为福清核电一号机组的一名现场运行人员,我清楚地知道,“核安全”的思想从踏入核行业的那天起,就扎根在每一位工作人员的思想最深处。

### 人们不信任源于不了解

近几年来,我国许多省份在冬夏两季均会出现不同程度的电荒,而在节能减排“苛刻”的目标下,碳排放接近零而经济效益极高的核电站无疑是一个好的选择。

核电站主要收益来自于卖电,得益于单位发电量下燃料成本的低廉,核电站发电成本远低于火电。据了解,核电燃料成本约为0.1元/度,而火电燃料成本为0.3元/度。不过这个奇怪的产业就像一堵墙,墙内的人兴奋不已,墙外的人谈之色变。就如我到核电站参加工作后每次遇到同学或亲戚问我在哪上班,我说在核电站上班,他们的第一反应便是:“那里的核辐射很可怕吧?”我笑着给他们解释半天,他们才说:“那还好,但你还是要小心。”

人们对核电站的不信任是因为不了解核科技。事实上,核电站的安全是有实实在在的保障的。

### 核电站的三重安全堡垒

为了防止放射性物质的泄漏,核电站设置了4道安全屏障。第一道屏障是核燃料芯块;现代

反应堆广泛采用耐高温、耐辐射和耐腐蚀的二氧化铀陶瓷核燃料。经过烧结、磨光的这些陶瓷型的核燃料芯块能保留住98%以上的放射性裂变物质不使逸出,只有穿透能力较强的中子和γ射线才能辐射出来。这就大大减少了放射性物质的泄漏。

第二道屏障是锆合金包壳管;二氧化铀陶瓷芯块被装入包壳管,叠成柱体,组成了燃料棒。由锆合金或不锈钢制成的包壳管必须绝对密封,在长期运行的条件下不使放射性裂变产物逸出,一旦有破损,要及时发现,采取措施。

第三道屏障是压力容器和封闭的一回路系统;这屏障足可挡住放射性物质外泄。即使堆芯中有1%的核燃料元件发生破坏,放射性物质也不会从它里面泄漏出来。

第四道屏障是安全壳厂房;它是阻止放射性物质向环境逸散的最后屏障,它一般采用双层壳体结构,对放射性物质有很强的防护作用,万一反应堆发生严重事故,放射性物质从堆内漏出,由于有安全壳厂房的屏障,对厂房外的环境和人员的影响也微乎其微。

### 核电站的“纵深防御”理念

核电站为我们生产大量电力的同时也会产生大量放射性物质,为了保障核电站工作人员和电站周围居民的健康,核电站始终坚持“质量第一,安全第一”的原则。

“纵深防御”这一理念就是核电站设计应遵循的基本原则。事实上,核电站的设计、建造和运行都是遵守纵深防御的原则,从设备和措施上提供多层次保护,确保反应堆的功率得到有效的控制,燃料组件能得到充分冷却,放射性物质能有效地包容起来不发生泄漏。“纵深防御”包

括以下5道防线:

第一道防线:精心设计,精心施工,确保核电站的设备精良。建立周密的程序,严格的制度和必要的监督,加强对核电站工作人员的教育和培养,使得人人关心安全,人人注意安全,防止发生故障。

第二道防线:加强运行管理和监督,及时正确处理不正常情况,排除故障;

第三道防线:必要时启动由设计提供的安全屏障和保护系统,防止设备故障和人员失误酿成事故;

第四道防线:启用核电站安全系统,加强事故中的电站管理,防止事故扩大,保护安全壳厂房;

第五道防线:万一发生极不可能发生的事,并且有放射性物质外泄,启用厂内外应急响应计划,努力减少事故对居民的影响。

此外,福清核电从上到下坚持“人人都是最后一道安全屏障!”的理念,坚持严格执行规程,严禁带疑问操作,严格执行监护制度,严格执行自检、良好有效的沟通,时刻保持质疑的态度,使得安全文化深入人心。

每一位员工都严格执行六大防人因失误工具:自我检查、监护、三相交流、遵守程序、不确定性暂停等,能够有效地避免因失误造成的机组不可控瞬态工况。

可以看到,核电站层层叠加的安全保护措施、周密到位的人员培训、完善而严格的管理体制是保障核电站安全的重重堡垒。

事实上,核电站产生的辐射剂量比人们日常生活中的宇宙射线、地壳辐射等射线贡献的剂量还要少,而人们之所以害怕核电站,最重要的原因还是不了解。

作者单位:福建福清核电有限公司

## 西北站创新核事故演习模式

无预案无脚本,实战性检验性强

本报讯 以新《环保法》实施为契机,根据2015年全国核与辐射安全监管工作会议精神,环境保护部西北核与辐射安全监管站(以下简称西北站)近日在西北地区民用核事故综合应急演练中首次采用了“演习场景临时选定、演习指令当场通知、演习过程及时导控、场内场外监测联动、演习成果同行评估”的演习新模式。

据了解,2015年是西北地区民用核设施每两年一次的核事故综合演习年,也是中核兰州铀浓缩公司和核陕西铀浓缩公司新铀浓缩工程投料运行前核事故综合演习的年份。年初,西北站经请示环境保护部核与辐射安全监管司,会同环境保护部核与辐射安全中心,与核设施营运单位会商后,决定在西北地区民用核设施的核事故综合应急演练中创新演习模式。

刘波

引导从业者学法知法守法

## 广西推进核安全文化宣传活动

本报讯 广西壮族自治区环保厅近日在防城港市召开核与辐射安全监管工作会议暨核安全文化宣传贯彻专项行动动员会。

据了解,通过开展专题教育,广西核与辐射安全从业者学法、知法、用法、守法,全面、深刻知悉与其业务相关的各项核安全法规要求,牢固树立“安全第一、质量第一”的根本方针,增强忧患意识、责任意识、诚信意识、敬畏意识和守法意识,自觉按照核与辐射安全法规开展相关工作,严格守法,维护核与辐射安全法规的权威和尊严,提升广西核与辐射安全水平。

据悉,去年广西加大了核与辐射安全监管工作力度,成功举行了“绿

色卫士——2014”广西辐射事故应急演练和“红沙——2014”广西核事故应急演练。

此外,去年广西各级环保部门共出动1860多人次,组织对670多家核技术利用单位进行监督检查,共发现安全隐患369个,下达限期整改通知206份,彻底清除了一批辐射安全隐患,全年未发生辐射安全事故。

今年,广西环保部门将结合核安全文化宣传贯彻活动继续加强核与辐射安全监管工作力度,加强从业人员的核安全文化素养,提升全社会的核安全文化认知水平,切实保障核技术利用事业安全、高效、可持续发展,提升广西核与辐射安全水平,保障公众健康和环境安全。

孔晓梦