

田湾核电站放射性固体废物贮存安全重要修改

林建高

(中核霞浦核电有限公司,福建 霞浦 355110)

摘要:废物最小化是放射性废物管理的基本原则之一,为缓解在国家低中水平放射性固体废物区域处置场明确之前面临的库容问题,同时响应国际原子能机构关于放射性废物最小化的要求,田湾核电站实施了一系列安全重要修改。

关键词:田湾核电;放射性固体废物;安全重要修改

中图分类号:TL94

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2016)06-0059-02

废物最小化是放射性废物管理的基本原则之一。田湾核电站 1、2 号机组(以下简称田湾一期)自商运以来在通过减少源项、再循环和再利用、废物减容和优化管理等管理措施之外,为缓解在国家低中水平放射性固体废物区域处置场明确之前面临的库容问题,同时响应国际原子能机构关于放射性废物最小化的要求,田湾核电站实施了一系列安全重要修改。

1 液态放射性废物固化容器改造

田湾一期原液态放射性废物采用德国 NUKEM 公司进口的水泥固化生产线进行水泥固化。原水泥固化容器采用 CDI 型水泥桶,每个 CDI 型水泥桶总体积为 2 m³,而其有效容积仅为 800~900 升,水泥桶本身体积超过整个废物货包体积的一半。使用 CDI 型水泥固化桶大大增加了固化体的体积,给田湾核电站本来就紧张的废物暂存带来很大的压力,也为将来的废物最终处置增加了负担。

为了有效减少放射性固体废物的体积,田湾核电站选用钢桶取代 CDI 型混凝土桶。为能使用原有的搅拌装置,田湾核电站经过一系列研究论证,设计出了对应的钢桶。钢桶实际内容积与 CDI 型水泥桶一致,固化桶占用的总处置体积为 1.15 m³。即,处理相同量的液体废物,采用原来的 CDI 桶产生 2 m³ 废物,经过改造后产生的固体废物体积为 1.15 m³,约可减少到原来的一半。

改造的钢桶经验证可以满足喷水、跌落、堆

码、贯穿试验的要求,技术上可行,经济性良好,符合国家关于放射性废物管理、贮存、运输和处置接收等的政策法规及相关规定。2012 年 11 月向国家核安全局提交了安全重要修改申请,2013 年 3 月获得批复。

2 新增放射性固体废物暂存库

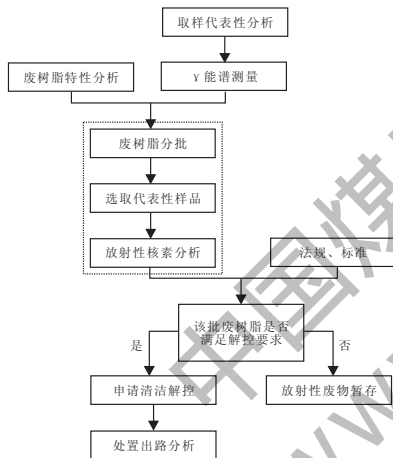
田湾一期原放射性固体废物暂存库设计容量满足机组运行 5 年产生的放射性固体废物的暂存要求。而目前国家针对核电站的放射性固体废物处置渠道尚未开通,低中放固体废物区域处置场仍处于规划阶段。田湾一期 2012 年开始出现部分废物无存放空间的现象。江苏核电有限公司曾先后试图通过外运焚烧减容处理及外运处理处置的方式解决现有库容不足的问题,但未得到有关部门的批准。因此江苏核电于 2012 年 4 月向国家核安全局申请再建设一个固体放射性废物暂存库,2014 年 4 月获得国家核安全局的批复,并启动建设。

新建的固体放射性废物暂存库建于田湾核电站 1 号机组东侧的空地上,厂房总占地面积 2 493 平方米(132.60 m×18.8 m),总建筑面积约 3 487 平方米。其中金属桶废物存放单元,采用 5 层垂直堆叠,储存区面积 600 m²;废通风过滤器存放单元,储存区面积 200 m²;大件废物存放单元,储存区面积 200 m²;其它废物存放单元,储存区面积 200 m²。新建的固体废物暂存库建成后将极大缓解固体放射性废物暂存库库容不足的问题。

3 废树脂清洁解控

田湾一期在正常运行过程中,重要用户中间冷却回路系统(KAA系统)以及蒸汽发生器排污和排污水净化系统(LCQ系统)将产生含少量放射性的废树脂。这些废树脂从离子交换柱卸出后,存放于标准废物桶中并暂存于固体废物暂存库内。

由于废树脂放射性含量非常低,江苏核电对废树脂的来源、运行历史以及物理特性等进行分析,在此基础上对电站产生的废物桶中所取代表性样品逐个进行了 γ 能谱监测。根据分析和监测结果对关注的废物桶进行了分批,论证其合理性。然后抽样进行更为详细的放射性核素含量测量分析。得到所有批次废树脂代表性样品的总 α 测量,总 β 测量, γ 能谱测量, ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 核素测量详细结果后,依据我国对大批物料清洁解控相关规定,对满足清洁解控要求的部分批次的废树脂,提出清洁解控申请。



经过现场测量、分析论证,2013年1月、2014年12月,田湾核电站分别向国家核安全局递交了11 m³、21.6 m³废树脂的清洁解控申请,并获得了国家核安全局的批复。

4 应用 OREX 可降解防护用品

田湾一期原采用普通的辐射防护用品(棉质工作服、塑料布等),污染防护用品经放射性污染检测超标后即作为放射性固体废物进行处理。这些放射性废物通常放射性水平较低,但产生量很大,约占技术废物总量的80%以上。

OREX防护用品采用聚乙烯醇(PVA)制成,PVA是一种可溶解于热水的环保材料。使用后可采用湿式氧化方法将其溶解,最终产物为放射性水平很低的废液,这些放射性废液经处理后可向

环境监测排放。

OREX防护用品包括编织产品、非编织产品和薄膜。OREX拖布和抹布结实、耐用、吸水性强。OREX面料制成的新型薄膜可防水、阻燃,可代替那些用于走道或地面覆盖层的塑料或增强型塑料薄膜产品,非常耐用。除此以外,OREX还开发并生产出了实验工作服、放射量多重测定服装等产品,以及与OREX工作服配套使用的鞋套、手套等配件。使用OREX防护用品可大大改进和简化防护服的后勤操作,减少员工受污染事件,增加工人的舒适度,一次性防护服及其配套产品带来了方便,却不会产生废物。

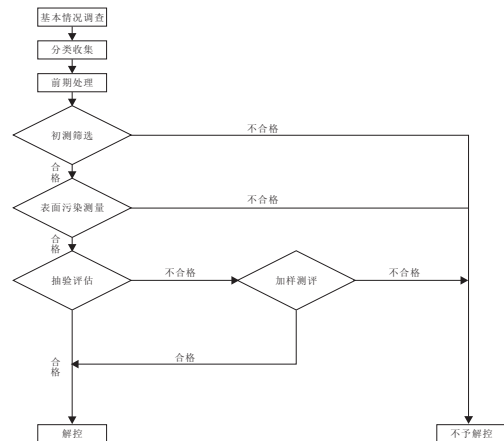
田湾一期 OREX 可降解防护用品的应用及配套的后处理设施改造于2013年4月向国家核安全局提交申请,并于2014年3月获得批复。

5 报废空过滤器金属框架清洁解控

田湾一期在生产运行过程中,产生大量含少量放射性物质的报废空气过滤器。报废空气过滤器为田湾一期调试运行以来,由KLC、KLD、KLE等系统所产生,其金属框架放射性水平非常低。

江苏核电对其来源、运行历史以及特性等进行了分析,并对其拆解后逐一编号并进行表面污染监测记录,表面污染测量不合格的金属框架不予解控。对于表面污染测量合格的金属框架,抽样进行 γ 核素与H-3、C-14等核素监测分析,经监测均满足清洁解控要求。另外,对个别金属框架样品进行了Ni-63、Fe-55活度浓度的验证测量,其活度浓度均低于各自的探测下限值,并且分别低于相应的清洁解控水平。

经监测论证,有高效过滤器、碘吸附过滤器的



(下转第 18 页)

灵泉露天煤矿土地利用类型主要为林地、灌丛和草地，本文中灌丛面积按林地统计。估算以2011年粮食作物产量及价格为基础数据。单位面积农田每年粮食产量通过《内蒙古经济社会调查年鉴2012》获得^[10]，粮食作物单位面积产量约为4293 kg/hm²；粮食单价为3.77元/kg；规划区规划林地面积为65.35 hm²；草地面积为324.61 hm²。对照表2中国陆地生态系统单位面积生态服务功能价值的当量因子，估算出灵泉露天煤矿生态恢复区每年生态服务价值为873.53万元(表3)，其中，林地生态系统服务功能价值为330.14万元，草地生态系统服务功能价值为543.38万元。

表3 灵泉露天矿生态恢复区生态系统服务功能价值(单位:万元)

土地类型	气体调节	气候调节	水源涵养	土壤保育	废物处理	生物多样性	食物生产	原材料供给	娱乐文化	合计
林地	52.88	40.80	48.35	58.93	19.79	49.26	1.51	39.28	19.34	330.14
草地	60.04	67.55	60.04	146.35	98.31	81.81	22.52	3.75	3.00	543.38

法对灵泉露天煤矿生态恢复区进行了生态服务价值功能测算，每年生态功能总价值为873.53万元，灵泉露天煤矿生态恢复规划具有显著的生态效益，能够有效地促进矿区环境保护与生态文明建设。

参考文献

[1] 刘宝勇.海州露天矿排土场植被重建技术研究[J].能源技术与管理,2007,2:53-55.
 [2] 李思清.高潜水位平原矿区土地复垦及生态恢复措施探讨[J].矿山测量,2013,3:21-22,59.
 [3] Filippo Bussotti, Francesco Ferrini, Martina Pollastrini, et al. The challenge of Mediterranean sclerophyllous vegetation under climate change: From acclimation to adaptation [J]. Environmental and Ex-

(上接第60页)

金属框架共计9.51吨满足清洁解控条件,2016年5月向国家核安全局上报了解控申请,目前正在评审。

6 结语

放射性废物管理优化是一个不断交流不断改进的过程,应用同行成熟、先进的经验,并结合自身情况加强优化管理、从源头控制、采用再循环再利用等手段,实现放射性固体废物的安全管理,实现废物最小化的目标。

截至目前我国大陆运行核电机组总装机容量达2831万千瓦,在建机组总装机容量达2672万

4 结论

灵泉露天煤矿生态恢复规划按照“整体规划、阶段实施、因地制宜、科学高效”的总体思路,分别进行了近期(2014~2017)、中期(2018~2020)、远期(2020年后)规划,生态恢复区分为植被自然恢复区与人工生态植被恢复区。灵泉露天煤矿生态恢复规划充分考虑了前期物种筛选试验成果,在规划设计中以草本植物自然恢复和人工恢复为主,同时,为了增加生物多样性和景观效果,采用优选试验中效果较好的本地物种(杨树、榆树)、引进物种(大果沙棘)以及草本物种。利用价值量估算方

perimental Botany,2014,103:80-98.
 [4] 许付仁.种植苜蓿草的生态环境效益和经济效益分析-苜蓿草在台安县洪家农牧场种植实验 [J].环境科学与管理,2007,32(1):142-146.
 [5] 潘智刚,赵莹,李宁.内蒙古地区俄罗斯大果沙棘的引种试验[J].内蒙古水利,2009,5:119-120.
 [6] 郭树平等.高寒地区低碳树种基地建设可行性研究报告[R].哈尔滨:哈尔滨市林业干部培训学校,2012.
 [7] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-195.
 [8] Costanza R,Arge R,et al. The value of the world's ecosystem and natural capital[J]. Nature, 1997,386:253-260.
 [9] 蔡邦成,陆根法,陈小骏.生态系统服务价值评估在南京市土地利用评价中的运用[J].环境保护科学,2007,33(4):104-106.
 [10] 国家统计局内蒙古调查总队.内蒙古经济社会调查年鉴2012 [Z].内蒙古:中国统计出版社,2013.

千瓦,随之每年核电站放射性废物产生量将逐年上升,势必造成放射性废物暂存和最终处置的困难。仍需在不断优化、改进最小化措施的基础上,尽快启动处置场的建设,才能从根本上解决问题。

参考文献

[1] 田湾核电站液态放射性废物固化容器改造 2012
 [2] 田湾核电站新增固体放射性废物暂存库项目 2012
 [3] 关于田湾核电站废树脂申请清洁解控的报告 2013
 [4] 关于田湾核电站废树脂申请清洁解控的报告 2014
 [5] 应用 OREX 可降解防护用品及设置后处理设施改造项目 2013
 [6] 关于田湾核电站报废空气过滤器金属框架申请清洁解控的报告 2016