

附件

乏燃料后处理设施安全要求

(试 行)

目 录

1 引言.....	7
1.1 目的和范围.....	7
2 通用要求.....	7
要求 1：纵深防御.....	7
要求 2：质量保证.....	7
要求 3：核安全文化.....	7
要求 4：公众沟通.....	8
3 厂址要求.....	8
要求 5：厂址选择.....	8
要求 6：厂址特征调查.....	8
要求 7：厂址评价.....	8
要求 8：规划限制区与实施应急预案可行性.....	9
4 设计要求.....	9
要求 9：设计基准与安全分析.....	9
要求 10：构筑物、系统和部件.....	10
要求 11：临界安全设计.....	11
要求 12：放射性物质包容.....	12
要求 13：辐射防护设计.....	12
要求 14：热导出.....	13

要求 15: 防止化学危害.....	13
要求 16: 通风设计.....	13
要求 17: 放射性废物管理系统设计.....	14
要求 18: 实物保护设计.....	14
要求 19: 核材料衡算.....	14
要求 20: 厂内运输.....	15
要求 21: 环境监测与评价.....	15
要求 22: 应急准备.....	15
5 建造和调试要求.....	16
要求 23: 建造.....	16
要求 24: 调试大纲和调试报告.....	16
6 运行要求.....	16
要求 25: 组织机构和人员资质.....	16
要求 26: 运行限值和条件.....	17
要求 27: 运行规程.....	17
要求 28: 检查与维修.....	17
要求 29: 定期安全评价.....	17
要求 30: 临界安全管理.....	18
要求 31: 放射性废物管理.....	18
要求 32: 辐射防护管理.....	19
要求 33: 核材料衡算.....	19
要求 34: 环境监测和评价.....	19
要求 35: 应急准备与响应.....	20

7 退役要求.....	20
要求 36：退役计划.....	20
要求 37：退役实施.....	20
要求 38：退役完成.....	21
名词解释：	21

1 引言

1.1 目的和范围

本要求用于指导和规范后处理设施的选址、设计、建造、调试、运行和退役。

本要求适用于采用液-液萃取水法工艺（如 PUREX 流程）处理动力堆乏燃料的后处理设施，包括配套的乏燃料接收与贮存设施、放射性废物处理和贮存设施等，其他工艺流程的后处理设施也可参照执行。

后处理设施应满足国家现行法规和标准的要求。本要求是结合后处理设施特点提出的针对性要求，是现有法规和标准的补充和完善。

2 通用要求

要求 1：纵深防御

纵深防御应贯彻于与设施安全有关的全部活动，包括组织、人员行为或设计等有关方面，以保证这些活动均置于多重防御措施之下。即使有故障发生，也能由适当措施予以探测、补偿或纠正。

要求 2：质量保证

营运单位应在选址、设计、建造、调试、运行和退役各阶段制定和有效地实施质量保证大纲及执行程序，确保质量保证体系的有效运行。质量保证大纲应包括为使物项或服务达到规定质量所必需的活动，验证是否满足规定的质量要求以及是否有效获得客观证据所必需的活动。

要求 3：核安全文化

营运单位和为其提供设备、工程以及服务等单位应当积极

培育和建设核安全文化，将核安全文化融入生产、经营、科研和管理的各个环节。

要求 4：公众沟通

营运单位应建立健全公众沟通机制，配备必要的专业力量，统筹做好信息公开、科普宣传、了解舆情并回应社会关切等工作。

3 厂址要求

要求 5：厂址选择

后处理设施的建设应与厂址所在区域的发展规划、生态环境保护相关规划和土地利用规划等相容，注意避让自然保护区等环境敏感区，以确保厂址区域可持续协调发展。

后处理设施的选址应确保厂址特征满足后处理设施的建造、运行和退役的安全要求。

应开展多个厂址比选工作，择优选择更安全和更经济的厂址。

要求 6：厂址特征调查

应通过资料调研、实地调查或实验的手段，获得厂址所在区域和可能受影响区域的厂址特征资料，包括厂址地理位置、地形地貌、气象、水文、地质、地震、生物多样性、周围区域人口分布、工业设施、军事设施、土地利用与资源概况、水体利用与资源概况等自然和社会厂址特征资料。

应开展环境放射性本底初步调查。

要求 7：厂址评价

应基于厂址特征调查开展厂址评价，包括可能影响设施安全的自然特征和社会特征，包括自然灾害和外部人为事件的可能性和相应的严重程度。

应研究确定适用于厂址确定评价的流出物排放源项，选择适当的大气和水体扩散参数，对正常工况下的辐射环境影响进行评价。

应研究确定选址假想事故，选择适当的大气和水体扩散参数，对事故工况下的辐射环境影响进行评价。

要求 8：规划限制区与实施应急预案可行性

营运单位应根据厂址事故评价和外部事件评价结论，结合厂址特征，根据相关法规要求提出厂址规划限制区范围的建议，由省级地方政府确定，并报国家核安全监管部门。

应根据厂址自然与社会特征，论证并确保在整个预计寿期内执行应急预案的可行性。

4 设计要求

要求 9：设计基准与安全分析

后处理设施设计应确保实现下述主要安全功能：（1）预防临界；（2）放射性物质包容；（3）辐射防护；（4）热导出；（5）防止化学危害。

设施状态分为运行状态（包括正常运行和预期运行事件）和事故工况（包括设计基准事故和设计扩展工况）。

应对设施设计进行安全分析，识别始发事件，给出每类始发事件发生的原因、后果及预防措施。在安全分析的基础上，制定和确认安全重要物项的设计基准。还应论证设计能够满足各类设施状态下放射性物质释放的所有规定限值和潜在的辐射剂量的可接受限值，论证纵深防御措施的有效性，并为应急准备和响应提供支持。

应确定所有可能影响设施安全的内部事件。这些事件可能包括设备故障或误操作。设施设计应考虑发生内部事件的可能

性，提供适当的预防和缓解措施。

应结合厂址特征，确定设计基准外部自然事件和外部人为事件。应保证安全重要物项能够承受设计基准外部事件的影响，并通过设计将发生外部事件潜在危害的可能性及其后果减至最低，尽最大限度减少安全重要的构筑物与其他构筑物之间的各种相互作用。

安全分析中应用的计算机程序、分析方法和设施模型应加以验证和确认，并充分考虑各种不确定性。

应采用确定论分析、工程判断辅以概率评估确定设计扩展工况，其安全分析可采用现实假设和最佳估算方法。

要求 10：构筑物、系统和部件

应根据安全功能和安全重要性对构筑物、系统和部件进行安全分级，其设计、建造和维修的质量和可靠性应与分级相适应。应在不同级别的构筑物、系统和部件之间提供合适的接口设计，以保证较低级别物项的任何故障不会蔓延到较高级别的物项。

应对安全重要设备进行鉴定，采用鉴定程序确认安全重要设备能够执行预期安全功能。鉴定程序考虑的环境条件应包括后处理设施设计基准中所预期的周围环境条件的变化，应考虑到设备预期寿期内各种环境因素引起的老化效应。

如果计算机系统对安全具有重要性，或者构成安全重要系统的一部分，应确保该系统（尤其是软件）的可靠性与其安全重要性相称。

后处理设施的动力供应设计应确保其充分可用性、可持续性和可靠性。在失去正常动力的情况下，应向相关安全重要物项提供应急动力供应。

后处理设施应按照经批准的最新的或当前适用的规范和标准进行设计。当选用不同的规范和标准体系时，应进行充分论证，并处理好接口关系。当引入未经验证的设计或设施时，应借助适当的支持性研究计划、具有明确准则的性能试验或通过其他相关的应用中获得的运行经验的检验，来证明其安全性是合适的。安全重要物项的设计可适当考虑独立验证。应充分考虑国内外后处理设施以及相关核设施的成熟经验和良好实践，充分吸纳安全改进成果。

要求 11：临界安全设计

应尽可能的通过工程措施实现临界安全。设计应遵从双偶然原则以及故障安全和容错理念。

设计应规定临界安全的安全限值，留有足够的安全裕量。

设计中应综合考虑质量、浓度、慢化、几何、核素组成、富集度、密度、反射、相互作用和中子吸收等临界安全控制参数。优先选用几何控制。在临界安全控制措施中采用中子毒物控制时，应定期对毒物的性能进行监测和评价，防止中子毒物有效性降低或丧失。

凡含有易裂变物质的系统和设备都应当进行临界安全评价。应在保守假设的基础上进行临界安全评价。应采用材料成分和物理特性相同或相近的临界安全基准实验数据对评价分析方法进行验证。应确保足够的安全裕量，确保系统和设备在所有正常工况、可信的事故工况下都处于次临界状态。合理确定各主要系统和设备的次临界限值。

临界安全评价中，应考虑易裂变材料的窜料、积累、溢流、载带和泄漏物蒸发的可能性。

当采用燃耗信任制时，应采用带来最大剩余反应性的燃耗水平和相关参数进行临界安全分析评价。应设置乏燃料成分精确测量手段，并制定更加严格和周密的管理措施。

在可能发生临界事故的场所，应设置足够灵敏和可靠的临界事故探测与报警系统。

要求 12：放射性物质包容

后处理设施应充分考虑 α 密封特点，按照独立性、互补性、冗余性原则，设置适当的密封系统，提供可靠的密封功能和足够的包容能力，将放射性物质限制在规定部位或场所，使运行状态和事故工况下规定部位或场所之外遭受放射性物质污染的可能性减至最小，并保证任何放射性物质释放所造成的污染在运行状态下低于规定限值，事故工况下低于可接受限值。

后处理设施应设置静态包容（实体屏障）和动态包容实现对放射性物质的包容。应对放射性物质包容进行分区。应设置三道静态包容。每一道静态包容应由一个或多个动态包容系统加以补充。动态包容系统应在包容分区间建立压力梯度，防止放射性气体、毒性气体、蒸汽和气载微粒通过屏障中的开口向低污染的区域或有害物质浓度低的区域移动或扩散。

要求 13：辐射防护设计

应确保运行状态下由设施引起的辐射照射保持在低于国家规定的限值，并可合理达到的尽量低。

应按可预见的辐射水平、表面污染和空气污染程度对辐射工作场所进行分区，并按分区合理组织人流、物流和通风。

应通过适当的屏蔽及利用远距离操作等工程措施实现防护。污染控制应主要通过密封和泄漏检测实现。这些措施的性质、数

量及其性能应与潜在危害的程度相对应，并应特别关注 α 发射体的潜在扩散。

应对辐射水平、表面污染和空气污染等进行监测，以便探测到所发生的异常工况并疏散工作人员。

要求 14：热导出

后处理设施应设置有效的冷却系统，以导出衰变热、反应放热等，并配备相应的动力供应。应评估冷却系统冷却能力、有效性和可靠性。

要求 15：防止化学危害

应在火灾危害性分析的基础上进行防火设计，包括防火分区、火灾探测报警系统和灭火系统。防火设计中应避免灭火剂（主要是消防水）导致临界事故。

应考虑爆炸性物质产生和积累，设置报警系统和稀释系统。

应采取有效的预防、控制和缓解措施，避免有毒化学危险品的伤害，加强危险化学品的安全管理。

要求 16：通风设计

通风系统应根据建筑物内的分区进行设计，其空气流动方向按顺序由非污染区到污染区，由低污染区到高污染区，各区域之间应维持适当的压差。

通风系统贯穿防火屏障的部位应设置防火阀，以防止火灾经通风系统蔓延。设备间、热室和手套箱通风系统的设计和控制应实现预防和缓解火灾后果的目标，在尽可能长时间保持动态密封系统、保护最后一级过滤的同时，还要限制火灾蔓延。

应根据厂址条件确定通风系统的室外设计参数，合理确定通风系统新风口和排风烟囱的位置。

与安全相关的通风系统应设置适当的监测和报警仪表。

要求 17：放射性废物管理系统设计

流出物排放监测系统包括在线监测和取样监测，应满足正常运行流出物排放控制和事故释放源项监测需求。流出物排放监测系统应满足取样代表性要求，应尽可能降低探测限，应能监测气态和液态流出物中主要放射性核素。流出物监测系统应设置向国务院核安全监管部门和省级生态环境部门数据报送接口。流出物监督性监测实验室纳入后处理设施建设成本。

应根据受纳水体的特性，选择适当的液态流出物排放方式。

应在设计上贯彻废物最小化原则，尽可能减少放射性废物的产生量。应对放射性废物进行分类和收集，并采用最佳可行技术对放射性废气、废液和固体废物进行处理。形成的低、中、高水平放射性废物包应满足处置要求。低放固体废物应有明确的处置设施。

应通过选择便于去污材料、减少放射性物质和化学物质累积、易于接近和具有可达性、可实施有效的远距离拆除和去污、便于废物管理和处置、减少受污染区域的数量和规模等措施，最大程度地为未来退役提供便利。

要求 18：实物保护设计

后处理设施的实物保护等级应按一级实物保护等级设计。应根据实物保护目标的重要程度和潜在风险，合理划定实物保护分区。实物保护系统应确保实现控制区、保护区、要害区和要害部位的探测、延迟和响应的基本功能，并做到人防和技防措施有机结合，保证实物保护系统完整、可靠与有效。

要求 19：核材料衡算

应设置核材料衡算平衡区。平衡区应尽量与实体边界相一致，应便于核材料准确测量，应避免互相交叉，应有利于采用封隔/监视措施。

应根据工艺流程及核材料形态便于测量等因素设置关键测量点。测量方法的选择应考虑测量方法本身的准确度和精密度。测量系统应具有追溯性。

要求 20：厂内运输

乏燃料接收和场内转运应采用轨道或其他平稳的运输方式。应进行辐射屏蔽，应防止泄漏和临界。

产品、放射性废物及其他危险化学品的厂内运输，应尽可能减少运输环节，选择安全合理的运输方式和运输路线。

要求 21：环境监测与评价

后处理设施应建设固定监测站和环境监测实验室，开展环境监测工作。流出物和周围环境监督性监测自动站和实验室纳入后处理设施建设成本。

根据设施正常运行工况和事故工况下可能向环境释放的放射性源项，选用合理的、经过验证的大气弥散和水弥散评价模式以及剂量估算模式，评价通过大气、地表水和地下水途径对环境的影响。

应评价化学污染物对环境的影响。

要求 22：应急准备

应分析后处理设施事故类型（包括设计扩展工况）及其后果（一般需要考虑场外应急），建立适当的应急组织及其职责的框架，设计场内应急设施和设备，测算应急计划区的范围，规划应急撤离路线，并对应急资源及接口等作出安排。

营运单位应保障在应急期间营运单位内部（包括各应急设施、各应急组织之间）以及与国务院核安全监督管理部门、场外应急组织等单位的通信联络和数据信息传输；应具有运行状态和应急情况下向国务院核安全监督管理部门进行实时在线传输重要安全参数和流出物排放情况的能力。

5 建造和调试要求

要求 23：建造

营运单位应制定并严格遵守建造阶段质量保证大纲，确保在建造阶段充分满足设计要求；应按照质量保证大纲的要求保留施工记录，证明设施是按照设计要求建造的。

应制定设计变更程序，准确地记录在建造期间对设施所作的变更，并对其影响作出评价。应对建造阶段产生的不符合项进行分类管理。

要求 24：调试大纲和调试报告

调试大纲应至少包括：调试的组织机构和职责、调试阶段、调试内容、进度安排、调试程序、审查和核实的方法、偏差和缺陷的处理、主要审查点和控制点等。

应对调试大纲进行审核、审查和核实，确保试验按计划执行并确保满足大纲目标。不得进行可能使设施进入没有分析过的工况的试验。

各调试阶段完成后应编制调试报告。调试报告应至少包括：试验结果、数据分析、结果评价、偏差和缺陷分析、纠正行动及依据等。

6 运行要求

要求 25：组织机构和人员资质

营运单位应建立和保持适当的职责分明的安全管理机构，并配备称职的负责人和足够数量的合格工作人员，以胜任和有效地履行各项安全管理职责。

营运单位应制定配套的培训、考核、资格管理和持照岗位管理制度。设施操纵人员应按照有关规定取得相应资格证书。

要求 26：运行限值和条件

营运单位应根据设施的最终设计、安全分析、环境影响评价和调试情况制定包括技术和管理两个方面的运行限值和条件。应根据运行经验和有关安全特性的实际变化，对运行限值和条件进行复审或修改。

要求 27：运行规程

营运单位应保证所有与安全有关的运行操作均按正式批准的、详细的、最新版本书面规程进行。运行规程应符合所批准的运行限值和条件，并留有适当的安全裕量；应对运行状态和事故工况下应采取的行动进行明确的规定；应定期对所有运行规程进行复审或修改，并将所作的修改及时通知有关人员。

要求 28：检查与维修

营运单位应制定预防性维修大纲和程序，定期对设施进行检查和维修，确保其安全性和可靠性。应收集和分析试验、维修、在役检查和监督有关数据，并对相关文件进行更新。

要求 29：定期安全评价

运行寿期内应定期对后处理设施进行系统的安全评价。应基于设施的实际状况、运行经验、预期的寿期末状况、目前的分析方法、适用的规定、标准及科技水平进行定期安全评价。定期安全评价的范围应覆盖设施的所有安全方面。

应评价设计中考虑的老化机理和鉴别在使用中可能发生的预计不到的情况或性能劣化。

应根据定期安全评价结果，实施必要的纠正行动，以符合更新的法规和标准。

要求 30：临界安全管理

营运单位应建立和健全核临界安全责任制。应配备核临界安全专业人员。

在开始一项新的涉及易裂变材料的操作或改变现有操作前，应进行核临界安全分析和评价。评价应明确判断和确定核临界安全所依赖的受控参数及其限值。

涉及核临界安全的任何运行操作应按书面运行操作规程的规定进行。运行操作规程应定期进行复查。新编和现行运行操作规程的评审和复查应有核临界安全专业人员参加。

应当建立和健全对易裂变材料的操作人员、核临界安全专业人员及有关管理人员的核临界安全培训和考核制度，定期与不定期地结合实际进行核临界安全培训和再培训。

贮存与转移存放的易裂变材料应有材料标签，存放地点应加标牌。标签和标牌应标明易裂变材料种类和所有受控参数的限值。易裂变材料的转移应按书面程序的规定予以控制。应有专人负责易裂变材料的清点和统计，掌握易裂变材料的分布、积存和转移情况。

要求 31：放射性废物管理

营运单位应制定并实施流出物排放管理大纲及实施程序，确保气态和液态流出物排放低于流出物排放量申请值，并可合理达到的尽量低。应合理设定气态和液态流出物排放报警值，并制定

相应的控制措施。应测量流出物中主要放射性核素的排放量，按月、年进行统计并及时上报国家和地方生态环境主管部门。应根据设计排放量以及同类设施的相关运行实践，优化气、液态流出物的排放量申请值，且每5年修订一次。

应建立并实施放射性废物管理大纲及实施程序并定期修订，确保实现放射性废物最小化。

应对放射性废物信息进行收集、记录、保存，建立放射性废物管理信息系统。

要求 32：辐射防护管理

营运单位应制定并实施辐射防护大纲及其实施程序，应制定恰当的剂量约束值，持续开展运行辐射防护最优化管理，确保将工作人员所受辐射照射保持在低于国家规定的限值，并可合理达到的尽量低。

应进行个人剂量监测、记录、评价和报告。

要求 33：核材料衡算

营运单位应开展核材料实物盘存和核材料衡算。核材料记录与核材料衡算报告应完整、及时、准确、规范，数据应具有可追溯性。记录系统应及时反映后处理设施中核材料的动态分布。

在核材料衡算评价中，所有进入核材料衡算的数据应是实测值，所用测量系统的误差应是已知的；所有数据具有可追溯性，并具有可靠的技术性文件；测量系统误差传递总标准偏差应符合法规要求。

要求 34：环境监测和评价

应在运行前开展连续两年的放射性本底调查。

应根据设施正常运行工况以及事故工况下可能向环境释放

的放射性物质的量和释放途径，结合厂址环境特征，合理制定环境监测大纲，对设施附近地区开展环境监测，并定期上报国家和地方生态环境部门。

应选用合理的、经过验证的大气弥散和水弥散评价模式以及剂量估算模式评价计算放射性物质的辐射影响。

要求 35：应急准备与响应

营运单位应建立健全核应急管理体系，全面做好核应急准备与响应工作。

应编制场内应急预案和执行程序，并在热试前进行综合应急演练。应急预案应定期进行复审和修订。应定期进行单项演习和综合演习。场内应急预案中应包含与场外应急组织的接口，并按有关法规要求，做好日常和应急状态下的信息公开工作。

应急设施、设备和通信系统应处于随时可用状态。

在设施进入应急状态时，应有效实施应急响应，及时向国务院核安全监督管理部门报告事故情况。

7 退役要求

要求 36：退役计划

营运单位应对最终退役做出合理、可行安排，包括退役费用提取、资金筹措和保障措施。应在设计阶段编制初步退役计划，在运行期间每 5 年更新一次，在退役前 2 年制定最终退役计划。

应全面记录并保存设施寿期内影响退役的所有重要活动和事件。

要求 37：退役实施

营运单位在确定设施停止运行前，应编制最终退役计划、退役安全分析报告、环境影响报告及相关准备支持性材料。退役实

施应按照最终退役计划进行，确保安全并明确规定组织安排。针对推迟退役或意外关闭的情形，应制定有效措施，保证安全。

要求 38：退役完成

后处理设施退役完成前应开展退役场址的终态监测和调查。若场址不能达到无限制开放，应维持适当的控制，以确保对人类健康和环境的保护。应编制最终退役报告，妥善安全保存有关记录。

名词解释：

设计扩展工况：是指设计基准事故中未考虑的假设事故工况，但在设施的设计过程中按照最佳估算方法考虑，并且在这类工况下放射性物质的释放保持在可接受的限值内。