

ICS

团 体 标 准

T/CNEA XXX-2020

核电防异物管理指南

Guidelines for Foreign Material Exclusion Management in Nuclear Power Plant

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布
XX-XX 实施

XXXX-

中国核能行业协会 发布

中国核能行业协会（China Nuclear Energy Association，CNEA）是经国务院同意、民政部批准设立的全国性非营利社会团体，成立于 2007 年 4 月 18 日。协会的中心任务是做好政府与会员单位之间、会员单位之间、国内与国际之间的沟通与交流，维护全行业和会员的合法权益，向政府建言献策，为企业排忧解难，努力发挥桥梁和纽带作用。制定中国核能行业协会团体标准（以下简称：核协团标），以满足我国核能行业标准化发展市场需求为导向，为核能行业和相关社会事业提供行业领先的标准化服务，是中国核能行业协会的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订核协团标的建议并参与有关工作。

核协团标按《中国标准化协会标准管理办法》进行制定和管理。

核协团标草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为核协团标予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国核能行业协会，以便修订时参考。

本标准版权为中国核能行业协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国核能行业协会文字上的许可外，不许以任何形式复制该标准。

中国核能行业协会地址：北京市海淀区西三环北路 72 号世纪经贸大厦 B 座 28 层。

固话：010-88305833 传真：010-88305800

网址：<http://www.china-nea.cn> 电子信箱：cnea_standard@vip.163.com

目 次

目 次	II
前 言	III
引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 防异物管理体系建设	2
4.1 程序或大纲	2
4.2 培训	2
4.3 监督检查	2
5 防异物管理区域分级	3
6 防异物管理细则	3
6.1 防异物管理	3
6.2 工程阶段特殊要求	4
6.3 运行阶段特殊要求	5
6.4 防异物的方法	5
6.5 专项防异物管理	7
7. 防异物专用工具	15
7.1 防异物挡板	15
7.2 防异物防护罩	16
7.3 防异物气囊	17
7.4 可漂浮工具	17
7.5 汽轮机厂房围栏	18
7.7 水池边围栏遮盖物	18
7.8 控制区管控工具	18

前 言

本标准依据 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利，中国核能行业协会不负责对该类专利的鉴别。

本标准起草单位：江苏道众能源科技有限公司、江苏核电有限公司、中核环保产业有限公司、海南核电有限公司、红沿河核电有限公司、福清核电有限公司、山东核电有限公司。

本标准起草人：严巍峰、王志兵、张春梅、崔桦楠、陈兴荣、赵久军、李秀川、彭斗光、王欣、赵鹏、张铎等。

本标准为首次发布。

引 言

国内外核电厂多年运行经验及教训表明，异物对核电厂的安全运行有着非常大的影响，部分异物事件可能会降低设备的使用寿命、损坏重要设备（汽轮机、发电机、蒸汽发生器、一回路冷却剂泵、反应堆等）、损坏核燃料，导致机组停机或降功率，威胁核安全，部分异物事件已给核电站带来了巨大的经济损失。

卓越的防异物（FME）管理能够提高核电厂系统的可靠性及完整性、保护燃料的完整性、提高核机组的安全性能，有利于减少机组放射性剂量、减少纠正性维修及返工工作、缩短维修工期等。目前，国际上WANO、INPO、EPRI等组织已经制定了防异物管理相关的导则，国内在核电厂防异物（FME）管理领域尚没有统一的标准。核电防异物管理指南”旨在规范核电厂制定和实施卓越的防异物管理及技术措施。利用指南制定、执行新的防异物管理程序，审查现有程序。指南反映了防止将异物引入电厂系统和零部件中的普遍接受的方法，如果偏离指南，并不表示维修大纲或程序存在缺陷。但应审查指南中所述做法与电站做法之间的差异，以确定是否需要更改。

该指南综合了各核电厂及防异物专业企业用于改进防异物控制的最新方法，包括工程阶段防异物管理细则、运行阶段防异物管理细则、专项防异物管理规定、防异物管理专用工具等内容。

核电防异物管理指南

1 范围

本标准给出了核电防异物管理的指南。

本标准适用于核电厂防异物管理，其它核设施和非核设施在防异物管理中可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

INPO 07-008 追求卓越的防异物（FME）导则

WANO GL 2009-01 追求卓越的防异物效果导则

EPRI Generation Maintenance Application Center: Foreign Material Guidelines

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 异物 Foreign Material (FM)

根据设计，任何不属于系统或设备组成部分的物项，如破碎或遗失的部件、灰尘、碎屑、油料、工具、抹布、化学品、机械尾渣、研磨剂(料)、钢丝磨光刷、扎线、溶剂、漆皮、密封补漏剂、个人劳保用品以及可能影响系统或设备正常运行、对设备及系统性能造成不利影响的任何其它物项。

3.2 防异物 Foreign Material Exclusion (FME)

指采取一定的措施和方法，包括组织管理方面和技术工艺方面，来预防由于人为疏忽而导致异物进入电站系统或设备内部。

3.3 异物管理区域 Foreign Material Exclusion Area (FMEA)

在执行维修、变更、试验或检查等工作活动中，用屏障和标志沿工作区周围建立起来的区域，用以控制工具设备、材料和人员等进入开放系统，减小由于疏忽而将任何物项遗留在系统内的可能性。

3.4 防异物挡板

在系统或设备上工作活动暂停时，用来覆盖和保护系统或设备开口，防止异物（FM）侵入的内部或外部装置

3.5 防异物边界

工作任务周围的一个实体边界，通常由合适的可见标识、屏障组成，用来识别防异物区域。

3.6 防异物清单

记录防异物（FME）等级、异物检查情况、材料及工器具使用情况等信息，用来辅助进行防异物（FME）工作的清单。

3.7 异物侵入 Foreign Material Intrusion (FMI)

发生以下情况时，应认为防异物（FME）完整性已丧失：

- 1) 一打开系统就发现在系统内存在非预期的异物（FM）；
- 2) 掉落进系统内部的物项无法立即被取出；
- 3) 当工作人员离开现场时，内部挡板失效或外部防异物装置是损坏或遗失的；
- 4) 发现已组装或已解体的设备有缺失的零部件；
- 5) 在开口的系统内发现异物（FM）。

3.8 防异物管理（FME）等级

一个指定的等级，即把异物（FM）侵入电厂系统和设备的数量降到最低的特定管理要求。

3.9 失效安全（fail-safe）

规定不容易破碎的物项，尺寸足够大以至于不能通过系统开口侵入的物项，或通过安全绳系在使用者身上或固定在设备上的物项。

3.10 防异物监督员 FME Monitor (FMEM)

当材料和人员出入控制措施已建立时，防异物监督员专门负责控制防异物区域，保持更新登记表，监督工作活动，必要时可中止工作活动，纠正异物监督问题。

4 防异物管理体系建设

4.1 程序或大纲

应制定电站防异物管理程序或大纲，明确防异物管理的人员安排与职责、检修活动的安排、中长期改进规划、定期监督与评价、经验反馈与纠正行动、培训等各项内容。

4.2 培训

培训对于防异物大纲的制定、执行、维持以及技能与知识的保持起到了关键作用。防异物培训将使电厂人员和支持人员重点关注防止异物进入重要的系统和破损燃料及设备中，认识和应对电厂设备的异物风险。应当在所有的培训大纲（如为维修、运行和支持人员的培训大纲）中明确防异物实践要求。为 FMEZ 监督员、执行封闭检查的人员和验证零部件满足现场清洁度标准的人员以及执行 FME 工作做法和区域观察的人员制定具体的培训要求。

培训内容包括经验反馈、防异物大纲、防异物规程、防异物实验室、在岗培训等。

4.3 监督检查

电厂应编制防异物监督标准，并定期进行修改、升版和发布。为促进防异物工作的持续改进需按照监督计划，对防异物活动执行过程、异物事件和偏差的分析决策过程、参与防异

物管理的工作人员履职情况等进行监督检查,并向管理者和相关方通报监督检查结果和改进建议。

5 防异物管理区域分级

根据异物进入系统或设备中的风险程度及异物发现或取出的难易程度,将防异物管理区域分为一级防异物管理区域和二级防异物管理区域。

一级防异物管理区域包括:

- 1) 在乏燃料水池或反应堆堆腔上空或内部进行工作的区域;
- 2) 异物侵入可能导致核燃料破损的区域;
- 3) 当丧失防异物完整性可能导致人员受伤、安全系统或电站的可用性降低或大修延期和需要大量资金用于恢复的区域;
- 4) 当由于系统配置或其它环境原因导致不能在系统封闭前进行最终的内部清洁度的目视检查区域;
- 5) 可能会破坏蒸汽发生器二次侧相关的系统开口活动;
- 6) 异物很难被发现和取出的区域;
- 7) 防异物可能涉及大量辐射剂量的区域。

二级防异物管理区域包括:

- 1) 异物容易发现且易被取出的区域;
- 2) 厂用水及循环水等水系统;
- 3) 不在预先确定的一级异物管理区域。

6 防异物管理细则

6.1 防异物管理

试验、维修保养、检查或变更实施等活动从系统设备开口到封闭前,需建立防异物区域,对人员和物品进出进行控制;必须在工序中体现出开口封闭前的内部清洁检查步骤;对于一回路主设备和二回路重要设备试验、维修保养、检查或变更实施等需建立隔离区,对进出隔离区的人员和物品进行登记。

试验、维修保养、检查或变更实施等现场工作时产生的工业垃圾和废物禁止到处乱放,禁止存放在系统、设备敞口部位的上方或四周,必须合理摆放,分类存放,工作结束后及时清理带出现场,在钢格栅上面应该用容器存放垃圾及废物。

试验、维修保养、检查或变更实施等使用的工具和测量器具、零部件和材料、拆下的紧固件等物品应妥善存放。拆卸的零部件要用专用箱、架收集并摆放整齐,或储存于指定的区域,防止跌落或丢失;拆卸下的小零件或安装用的小零件应使用托盘、箱、盒存放,并及时标识、登记,清点统计数量,发现异常及时查找。

为避免异物掉入设备或系统内,对于小于开口尺寸的工具物品,如扳手一类的工具应用结实可靠的线或绳绑扎好,操作时,挂在手腕或系在身上;不能悬挂的工具在敞口附近使用时应特别小心,使用完毕立即将其远离敞口;不允许手握工具上下梯子,不允许在系统、设备的敞口上方用手传递工具或物品。

在对设备进行清洁作业时,尤其是较为复杂的或不易观察位置的清洁作业,如主泵导叶焊缝部位清洁,需针对作业的具体特点,认真分析可能产生的异物风险,采取针对性的措施,防止清洁材料,如白布等各种物品进入设备或系统。

在防异物区域内进行可能产生烟雾、粉尘的工作时，应采取湿式作业或采取屏蔽隔离措施，并将烟雾粉尘引出防异物区域；或在进行此项工作前，将工作区域或相邻区域的系统或设备敞口封闭。

对于反应堆、蒸发器、主泵、稳压器、汽轮机、发电机等主要设备的螺栓孔，在试验、维修保养、消缺和变更实施等中卸去螺栓后，应根据现场情况采取适当措施进行封盖保护，防止螺纹损坏和异物进入螺孔。

在池腔、开口汽轮机缸套、反应堆压力容器等大型设备开口区域上方工作时，要保证所有的工具和物料的安全。

现场试验、维修保养、检查或变更实施等活动不允许使用透明塑料布、透明胶带，捆扎带应为可漂浮、亮色非金属材料。

系统或设备开口封闭前，应按工作指令或质量计划中设立的防异物质量控制点要求通知相关人员检查，填写系统或设备内部清洁度检查记录，检查合格后应及时封闭开口。

在设备内部和开口部位避免使用含易碎品的工具材料，确须使用时，应检查确认质量、状态可靠，并采取预防措施防止碎裂后形成异物。现场使用不锈钢石墨缠绕垫片时，应注意其所用场合是否存在垫片损坏后进入系统或设备的风险，应避免使用无内加强圈的缠绕垫片。

6.2 工程阶段特殊要求

6.2.1 水溶纸使用

施工期间应严格控制使用水溶纸，可采取邻近阀门抽芯等方式建立氩气室，若确需使用应遵循以下规定：

- 1) 水溶纸使用需填写相关申请，根据现场情况决定是否同意使用水溶纸；
- 2) 使用水溶纸需设点监督见证；
- 3) 对每个系统使用水溶纸的情况，要列出焊口清单；
- 4) 仪表管线、油气系统严禁使用水溶纸；
- 5) 水溶纸在管线内部的粘贴应远离焊缝热影响区域，一般应大于 150mm，避免损坏水溶纸的密封性能。

6.2.2 土建施工

隐蔽工程实施前必须对需隐蔽的物项进行内部的清洁度检查，并形成报告，建议保留隐蔽前影像资料。

6.2.3 吹扫和冲洗

系统冲洗完成后应对内部结构存在直角转弯、死角等异物容易存留的阀门抽芯检查，并需相关人员检查见证。

系统吹扫和冲洗完成后，原则上不得在设备或系统上进行打磨、焊接等有异物进入风险的作业活动。如需执行上述作业活动，则应实施“清洁安装”，如“清洁安装”仍不能保证内部清洁度，则应实施二次冲洗或循环冲洗。

6.2.4 清洁安装

工作前，应对工作区域内的清洁情况进行检查，保证工作场所的清洁条件。

管段实施切割作业时应避免使用易产生大量磨屑进入管线内部的工机具；管口实施坡口作业时应对管口两端内部进行严密封堵，防止磨屑进入管线内部；坡口打磨完成后，应及时清除磨屑并取出封堵物品；如不能立即开始管口组对和焊接，则应严密封堵管口两端，并做出标识。

管道组对前应选用人工或机械擦拭、去离子水冲洗、无油干燥压缩空气吹扫等方法对管道内部及其它部件进行离线清洁；清洁后对管道内部清洁度进行检查，必要时使用内窥镜，并形成清洁度报告。

只有当管段内部清洁度满足要求后，才能实施后续的组对和焊接工作；对无法保证管段内部清洁度的情况，应及时反馈并制定冲洗方案，对该管段回路实施冲洗。

6.3 运行阶段特殊要求

异物控制的方法主要是尽量缩短设备和系统的开口时间以及尽量减少进入作业区的人员和物品的数量，在异物落入风险大的工作场所，要减少程序、图纸、工具、部件和材料等物项的使用与存放。

在开放系统、设备内或附近工作时，必须制定和贯彻防异物措施。按照系统或设备的重要性分为一级防异物管理区域和二级防异物管理区域。对于一级防异物管理区域应建立防异物控制区；对二级防异物管理区域可不设置防异物控制区，但应采取相应的现场异物防范和控制措施，包括工器具的检查、防异物材料的准备。

为保护开口的设备或系统，防止异物进入而采取的控制措施水平，应与维修活动的具体情况、所涉及的设备或系统以及设备开口的尺寸和方向相一致。

1) 对于较大型的检修活动。如反应堆换料、发电机、励磁机和汽轮机检修、柴油发电机的解体大修及大型容器的开孔检查等，需要建立防异物管理区，指定专人负责防异物管理区的人员和物品进出，并设立现场守卫值班来具体负责人员和物品进出的登记检查工作。此外进入防异物管理区人员的着装应保证没有遗落钮扣或其它饰物的可能。

2) 对于较小型的检修活动。如阀门、泵、管道等的解体检修，一般也要求将作业区域隔离起来，并由作业组成员负责该区域的防异物控制。

6.4 防异物的方法

6.4.1 保持环境清洁

保持环境清洁，是减少灰尘等异物的有效手段；保持工作场地整洁，工具材料摆放有序，可有效减少防异物失控事件的发生。现场不保留不必要的物项，不使用的工器具及时从防异物区域取出，工作中的废物及时清理。

6.4.2 建立防异物管理区域

建立防异物区域是防异物中常用的方法，也是最有效的方法之一。防异物区域是为了尽可能降低引入异物而建立起来的区域，用以控制工具设备、材料和人员进出，从而减小由于疏忽而将任何物项遗留在系统里的可能性。

工作负责人和异物管理员需要控制进入防异物区域的人数，原则上非工作人员如无特殊原因尽量不要进入防异物区域，确需要进入则必须得到工作负责人或异物管理员的同意。

进入系统或设备内部的人员应在进入前应对穿着进行检查，工作服不能有拉链、钮扣或其它金属物等，工作鞋应是软底的运动鞋并套专用鞋套，人员所携带的物品都有防掉落措施，所有带入系统或设备内部的物品均应登记。

建立防异物区域的主要方法有用警示绳建立软隔离区、建立杆式隔离区、建立实体隔离区。防异物区域大小不受工作区域大小的限制：

- 1) 利用工作区域来建立防异物区域，工作区域即防异物区域；
- 2) 在工作区域内部建立防异物区域，例如：容器检修时，检修工作区域可以包括设备周围的部分区域，其防异物区域可以仅限在人孔门以内的区域；
- 3) 建立比工作区域大的防异物区域，例如：汽轮机检修时，即使高压缸、发电机不检修，其防异物区域通常也包括整个汽轮发电机组；
- 4) 可在工作区域外建立防异物区域，例如：设备检修时，可以在设备上方的栅隔板区域建立防异物区域，防止上方的异物落入。

6.4.3 使用覆盖物

在不进行工作期间，系统或设备的开口部位必须采用覆盖物或塞子等予以封闭。

1) 用于防异物的覆盖物主要有以下几类：

- 设备的原有部件，如容器端盖、阀盖、人孔盖、接线盒的盖子、柜门等；
- 特制的盲板法兰，主要用于有较高承压要求的场合；
- 屏蔽块；
- 异物挡板；
- 其它物品，如帆布、毡布、白布、有色塑料布等。

2) 防异物覆盖物的使用要求

- 如果系统有承压要求，则必须使用设备原有部件或特制的盲板。
- 等效直径大于等于 100mm、开口向上（包括垂直或斜口）的管道开口，如果不能利用原有部件或没有特制盲板来覆盖，则必须使用异物挡板，其它方向的开口则可以选择专用塑料布包裹。

■ 周围有粉尘、或有不允许进入系统的气体及系统内可能有液体溢出等情况下，需要加装垫片。

■ 覆盖物必须采取固定或紧固措施，如用绳索束紧、用合适重物压住、安装合适数量的临时螺栓等，防止覆盖物被挪动失去作用。

■ 如果外部的覆盖物不适用，那么可以加装内部筛子或挡板，在此种工况下，必须在设备上或附近醒目位置标明该区域为防异物区域。

■ 内部封堵物要有防止被完全推进系统和设备内部的措施，如塑料塞要有边沿、气囊必须有绳索拉住、内部挡板必须用绳子拴住等。

3) 遵循原则

- 在易发生火险处，覆盖物应是防火或阻燃的；
- 覆盖物应不易破碎和破裂，禁止使用玻璃和塑料薄膜；
- 覆盖物应适合预期工况：温度、流体接触、机械重压；
- 覆盖物不应损坏系统表面，不论是机械的还是化学的；
- 覆盖物应可见，禁止使用透明的塑料布；
- 对真空或负压状态的系统开口，禁止使用柔性材料覆盖物，如白布、塑料布，必须使用完整的、坚固的硬质材料覆盖物，如金属盲板。

6.4.4 防跌落和散落

防跌落或散落的措施主要有：

- 将工具或材料用绳索捆绑在工作人员身上或附近的设备上，一旦掉落则可立即取回；
- 把眼镜腿用细绳子拴住并挂在脑后；
- 将工具集中放在工具箱中带入异物控制区；
- 将小的零部件装袋后带入异物控制区。

6.4.5 其它方法

对维修过的设备和系统应进行彻底的清洁，清除设备维修后产生并残留在设备内的杂质，如用真空吸尘、用不抽丝的棉布擦拭等。

解体后的设备及零部件不能直接落地，应用胶皮、胶木或枕木（表面用有色塑料布或胶皮包裹）垫在地上；解体的零部件及检修工具、备件、材料应摆放整齐，表面用布或胶皮覆盖；拆卸下来的零部件及螺栓、螺帽等联接件应在设定的防异物控制区域内进行检查、清理，并妥善保管，防止丢失。

当在设备内部进行焊接、切割、打磨等易产生碎片的工作时，应用覆盖物、内部封堵物等对系统或设备内部的工作区域进行局部隔离，以防止碎片扩散，同时要立即清除所产生的碎屑。也可采取防止碎屑进入系统的切割技术。

备件安装前要除去备件内部的保护层、防腐层或干燥剂。

在切割或打开系统前，除去保温、油漆或其它表面材料。

6.5 专项防异物管理

针对一些有特定防异物要求的特定设备、区域、检修活动，制定了如下一些特殊规定。

6.5.1 换料水池

在换料大修期间，反应堆厂房换料水池平台工作的人员多、接口多、部门多、工具繁杂、辐射剂量高、异物落入水池中的风险大，须严格执行以下规定：

1) 在反应堆坑充水前，由大修核岛经理指派人员对反应堆厂房内和燃料厂房内的吊车和装卸料设备状况进行检查，换料主管必须在确认检查结果满足要求后，才可以操作装卸料机。

2) 在反应堆本体上的工作开始之前，大修核岛经理指派人员对所有在堆芯工作中使用的工具，包括常用和专用工具，以及临时装置等进行全面彻底的检查和检修，检查部件是否牢固、是否有松动、油漆是否有脱落迹象、是否夹带有异物等。

3) 在堆芯水池充水前,由大修核岛经理指派人员在换料水池平台建立隔离区,用隔离带封堵楼梯入口,同时建立起换料水池平台隔离区,只保留唯一的入口。

4) 在反应堆水池满水及装/卸料期间,有专人在隔离区的入口处 24 小时守卫值班:

- 向进入人员做出物品落入水池中的风险提示;
- 对进出所有人员及其所携带的物品严格登记,
- 在人员离开时核对其携带物品数量与带入时相一致;
- 发放进入许可证,严格控制进入平台的人员数量在 20 人以内;
- 检查进入人员随身携带物品的绑扎情况,合格后才准许进入。

5) 由平台协调员负责该平台的各项工作安排,各部门在隔离区工作时应服从协调员的安排。

6) 在反应堆水池边工作时,工作负责人应布置好工作现场,在换料机服务区域周围搭建临时围栏,设置作业隔离区,工具摆放整齐并清点工具数量;工作时,工作人员应采取必要的措施防止异物坠入水池;工作结束后,工作人员应将工具及其物品及时移走,并清点工具数量确认与带入的数量一致,清理检查现场。

7) 无关人员严禁久留平台,暂无工作的人员应远离水池,处于规定的地方。

8) 工具及物品运出控制区时,应通知辐射防护人员检查沾污情况并根据要求进行处理,合格后方可运出控制区。

9) 起重环吊的使用由协调员统一协调;环吊司机和起重工应经过专门培训、持证并有授权;只由一人协调指挥起重操作,并穿戴标准服饰;无关人员应远离吊装区。

10) 遵守工业安全及辐射防护有关规定,对任何部门或人员的不安全的行为,协调员有权终止其工作,并通知大修核岛经理。

11) 大修装卸料期间,抢修装卸料机、人桥吊等设备时尤其要注意防止异物落入水池。

6.5.2 燃料厂房水池

燃料厂房水池(含乏燃料水池),必须严格执行异物控制。具体要求如下:

- 1) 装卸料期间,燃料厂房由换料负责人负责管理,限制无关人员进入。
- 2) 乏燃料厂房必须严格控制出入口,保持 1-2 个作为正常(应急)出入房门。
- 3) 厂房房门入口处放置一个异物临时存放柜,规定进入的人员必须先将与工作无关的异物(包括安全帽)存放在临时存放柜中。
- 4) 在临时存放柜上应放有防异物区域物项进出记录并要求进出人员进行记录。
- 5) 人员进入房间时所佩戴的物品应采取可靠方式固定,防止滑落,如眼镜佩戴绳套。
- 6) 必须使用指定的带有颜色的辐射控制区专用塑料袋,不得使用无色的非辐射用塑料袋。
- 7) 人员在水池边沿进行工作时,所携带的工具,如扳手、手电筒、螺丝刀等,应捆扎绳套,将工具套在手腕上方可进行工作。
- 8) 建立存放区妥善存放拆出的零部件,存放区应尽量远离水池,小型零部件应放置在存放区的专用器具中,防止零部件落入水池中。
- 9) 涉及到水池边沿设备的检修工作,如检修照明灯、水池吊车、水池监视设备等,应做好防止异物进入处理后方可进行工作。
- 10) 禁止在乏燃料水池区域使用无色透明的电用绝缘胶布和绑扎带。
- 11) 非作业人员要远离水池作业现场。
- 12) 工作结束后,工作人员要及时清点物品,并及时清理现场。

6.5.3 汽轮发电机组

为保证汽轮机、发电机大修的检修质量,防止异物进入设备内部,设立检修隔离区。具体管理规定如下:

- 1) 主隔离区进出制度;
- 2) 主隔离区的出入控制由专人负责,24 小时设保安值班;

- 3) 保安员应根据主隔离区准进人员名单认真核对进出人员,只有持专区证的人员方可进入;
- 4) 进入隔离区的人员应主动将携带的钥匙、手表、磁卡等携带物品全部按指定的地点保存;
- 5) 需要经常进出的人员,如工作组成员、QC 人员,根据责任部门提交的专区人员名单,由保安人员进行核对,并记录;
- 6) 不需要经常进出的人员,则必须在保安人员处进行登记。

6.5.3.1 汽轮机检修隔离区

- 1) 维修责任处室负责汽轮机检修隔离区的防异物管理,相应的大修承包商必须 24 小时安排专人负责异物管理。
- 2) 所有进入隔离区物品,必须经过专人检查,以确认所携物品上无异物掉落的可能,特别是紧固件否则应采取必要的措施进行防范。
- 3) 需将工具带入主隔离区时必须登记,工作结束后要进行核对检查。
- 4) 隔离区内所有设备、工具材料应摆放整齐。每天应至少全面清洁一次,工作过程中也应及时清扫,确保隔离区清洁。
- 5) 人员的工作服应按规定着装:进入缸体的工作人员必须着连体服,其它人员可着工作装,但必须清空衣物中各种个人物品。
- 6) 汽机缸体内疏水孔、抽气口应及时封堵。每天工作结束后人员撤离前,用专用防火帆布将缸面盖没。
- 7) 对解体后的螺栓、螺帽、垫片等附件,必须进行清理检查,清理完毕后进行登记,并挂牌。
- 8) 对于规格小于 M16 的螺栓、螺帽及附件,应用塑料袋封装,塑料袋外表应有明显标志。标志的内容包括:部件名称、规格、数量。

6.5.3.2 发电机定子、转子小隔离区

- 1) 维修责任处室负责汽轮机检修隔离区的防异物管理,相应的大修承包商必须 24 小时安排专人负责异物管理。
- 2) 进入小隔离区的所有人员,必须由承包商异物管理员进行着装检查和工具、材料检查登记后方可入内。
- 3) 同时进入发电机定子内的工作人员不准超过 8 人,转子区内不超过 6 人。
- 4) 发电机隔离区工作人员的工作服不能有金属材质的拉链、钮扣等金属物,工作鞋应是软质鞋底,不得有金属块或沾有异物。
- 5) 带入发电机、转子区的工具、材料等物品,应详细登记,出来时要逐项核查进出数量相符。
- 6) 带入发电机定子膛内的工具、仪表、首先要进行检查,防止螺丝、螺帽等脱落,由异物管理员认可并在工具表中签字。
- 7) 发电机定子膛内的照明应使用专用的 24V 防爆行灯和全塑料手电筒。
- 8) 工作结束后应将小隔离区出入通道及时封闭,保卫处保安员应将主隔离区门上锁封闭。

6.5.3.3 汽轮发电机组润滑油系统

工作人员的工作服不能有拉链、钮扣等一些金属物,工作鞋应是软底鞋或套专用鞋套。加强对开口孔洞封堵的验证,孔洞打开后立即通知有关人员验证及时封堵,组装时应由双方人员一起揭封,详细检查后双方签字。对汽机润滑油主油箱清理关闭时,应检查清洁度。

6.5.4 工艺系统及设备内部

所有进出系统管道或设备的人员应进行检查和登记,非工作人员进出应征得工作负责人同意,确保不携带易脱落的物品进入;所有进入系统管道或设备的工机具和材料应进行检查和登记,收工后应进行物品核对,凡不属施工耗材及正式材料的必须与进入登记数量一致。

携进设备或系统管段的工机具应进行可靠性检查和登记,工作结束时应进行进出物品核对,易破碎工机具应有保护罩和收集罩,防止使用时工机具部件松动或破损导致部件脱落;携进设备或系统管段的工机具和小件材料应使用绳子系到使用者身上或刚性的固定物。

对于内部构件复杂或异物落下不易取出的设备,其内部施工作业面应有效铺垫、覆盖隔离,以防异物落入,对从设备内解体、拆卸的螺栓、螺母、垫片等部件,应专设托盘类器具放置,收工后从设备内取出存放并登记。

对解体后设备内部大于 M16 的螺栓、螺帽、垫片等附件,全部放置在容器外部进行清理检查,并登记确认。对于设备内部规格小于 M16 的螺帽及螺母、垫片应用塑料袋封装或放入专用盒内,外表应有明显标志,注明部件名称、规格、数量。

每日收工后,应对系统管段或设备内部进行清扫、吸尘,施工完毕,设备封闭前,应对内部清洁状况进行检查,必要时使用内窥镜检查;设备人孔最终封闭前除了应进行内部清洁度检查,还应检查设备内部螺栓等紧固件的松动情况,并对碳钢设备按规定要求进行人工或机械除锈。

容器内作业应使用防爆灯。汽轮机检修时,必须在凝汽器内部安装铝合金盖板,防止汽轮机检修层异物落入凝汽器造成破坏。

6.5.5 阀门类

阀门在解体后的法兰开口和管道开口应使用防异物盖板封堵并用螺栓固定;对给水系统和主蒸汽系统的阀门,解体后的螺栓、螺帽、垫片、阀门部件,全部放置在检修区内进行清理检查并登记;清理完毕后用箱盒存放,摆放整齐并登记。对于规格小于 M16 的螺栓、螺帽及附件,应用塑料袋封装,塑料袋外表应有明显标志,注明部件名称、规格、数量。

在进行阀座检修时,所有工具和部件,应仔细检查确认无异物掉落的可能,否则应采取必要的防范措施。

阀门组装前,进行防异物和内部清洁检查,确认合格后方可组装;阀门组装时,应核对部件登记表,以确认检修前后数量相符。

6.5.6 泵类

所有的泵类设备在解体后必须采取防异物措施,对泵开口进行封堵,封堵采用一层棉布,一层塑料布,并用白纱带扎紧。解体后的螺栓、螺帽、垫片、泵部件,可放置在设置的检修区内进行清理检查。对于规格小于 M16 的螺栓、螺帽及附件,应用塑料袋封装,塑料袋外表应有明显标志,标明部件名称、规格、数量。

6.5.7 管道

防异物封堵的尺寸和强度应能满足要求,可以充分防止各类异物进入;制作封堵的材料不应在设备表面留下伤痕或损坏设备,例如在材料与设备的接触产生电腐蚀或化学腐蚀;在

所处的环境条件下，封堵物选择必须是不易破碎、开裂或溶化的材料，纸质、塑料袋、聚乙烯薄膜、泡沫等材料不能作为封堵物材料。

较大系统设备或构筑物防异物孔洞使用封盖进行封堵时，如存在人员误踏入坠落风险时，必须考虑设置围栏和额外警示牌予以防护。

所有防异物工具拆除前必须经过目视检查，已确保其完整性和清洁性。如工作需要拆除封堵或其它防异物设施时，拆除人员必须是该封堵或设施搭设工作组成员中的人员，且经过工作负责人的授权。

工机具和零部件，要整齐摆放并做好登记，工作结束后及时清点工机具，防止异物进入管道，工作人员随身携带的个人物品注意保管好，避免从落入管道内。

6.5.8 电气和仪控

6.5.8.1 通用要求

检修时，若电气、仪控盘/柜/台设备在恶劣的施工环境下，则尽可能断掉盘/柜/台设备用电，并做好防尘工作；

停役的盘/柜/台设备，当周围有其它工种交叉作业，存在进灰或其它异物进入的风险时，应将电气、仪控盘/柜/台设备的门关/锁好，并用塑料布等防尘材料罩住。

当在电气或仪控机柜内、或在开口系统周围进行可产生异物的工作活动时，要做好各种防范措施，防止不慎将物体掉落到系统设备内。

应使用合适的防异物隔栏（如塑料布、玻璃钢罩或其它合适的隔栏）防止任何杂物进入管道、开口设备、仪表柜等。也可以使用真空吸尘器吸扫由于切削产生的金属丝、清除附着物或者安装金属标牌所产生的碎片。

当在电气外罩里进行切削或者割断作业时，应及时清除如金属丝段、金属丝头、捆绑材料、带子、游环连接件和螺丝等废料。

不可将电缆扎带和金属紧固钩一起使用，如果带子捆扎过紧，则金属钩可能脱落成为异物。

当需要对电气外罩进行钻孔时，在开钻前确定必要的预防措施，以免带入异物及损坏外罩内已安装好的部件和金属丝。

不可用设备的电气外罩、机柜、面板、盒子、托盘或管道储存材料。

工作停止后不可使电气外罩、机柜、面板、盒子、托盘或管道处于无监管或无防护的状态。

工作完成后，关闭所有电气外罩、机柜、盒子或管道。

在有电缆托盘附近的区域进行任何可能产生异物的工作前，需将电缆托盘覆盖起来。在附近区域进行如焊接、燃烧或打磨的工作时，需用阻燃篷布将电缆盘覆盖起来。

在车间、标定实验室或其他工作区域内进行工作时，应保持工作区域清洁以减少潜在异物的进入。当工作停止时，应将断路器、机柜、仪表柜等电仪设备覆盖，以防止异物的进入。在回装任何部件前，对设备外罩或封闭区域及安装的零件进行一次彻底的异物检查，并清除发现的异物。

在进行安装或关闭系统设备前应进行一次彻底检查以确保无异物。

若工作区域无人看管，在将断路器从电气箱或者仪表柜取出后，应用厚塑料、玻璃钢或其他合适的覆盖物覆盖起来。

6.5.8.2 电气柜

在打开柜门前，应通过目视检查对周围环境特别是机柜上方的异物风险进行排查，若发现未防护的异物风险应及时排除。

在打开和操作控制柜、继电柜、闸刀等时，应防止工具、污物、碎块或填充材料落入电气设备中，并在维修工作结束后，对工具、污物和碎块进行清理。

对于所有拆除下来的柜内散件，如螺丝、螺母、熔丝、端子、标牌、电缆头、线鼻子等，应及时放入适当的容器或袋子内进行保管，且该容器和袋子应符合防异物管理要求。

在工作完成后关闭柜门前，应再次进行防异物检查，确认不存在柜内异物。若工作不需要关闭柜门的，应在柜门附近设置适当的隔离或警示。

当柜内设备有被外部湿汽或灰尘侵入的风险时，应使用防异物工具对柜内设备进行保护。

设备因维修或标定拆卸出系统或主设备期间，要保证所引起的系统或设备开口被覆盖或密封，以防止异物进入。

全部或部分从开关设备上拆卸下来的开放的断路机构应有充分的覆盖。

机柜中不可有产生非预期作用的异物。

6.5.8.3 电池组

在保养电池组前，应清理电池组顶面防止灰尘和碎片。在打开电池端盖后进入电池组，应使金属材料及工具远离电池接头防止电击或短路，所有拆除或清除掉的零件应存放在远离电池的绝缘容器内。

6.5.8.4 变压器

当进行变压器工作时，应遵循电气柜和开关设备的相关描述，应考虑漏水和漏气的可能。要保护箱体贯穿件不受异物侵害，外部的绝缘体需要清理去除积尘、尘垢及污染物；如果在变压器内部工作，则需进行更严格的防异物控制以保持清洁度，使异物不能进入变压器。

6.5.8.5 连接器

应遵照制造商的说明书对电气和仪表连接器以及连接线进行恰当的连接，对于专用的高压电缆、电气和仪器贯穿件和核检测仪表电缆等设备要尤其注意。尘土、碎屑、潮气或其他污染物是最常见的可使设备失效的原因，可造成短路、打弧、高电阻及错误或不稳定信号。

6.5.8.6 仪表管道和气动装置

灰尘、碎片及金属碎屑可以阻塞仪表内部的细孔、管道过滤器，并可能损坏隔膜及内部组件，应在切断仪器管道并连接到仪器前，对其进行清理。在连接前，应用合适大小的防异物堵头或塞子保护管道或者仪器的开口，如需对安装的构件进行临时改动（如进行测试或者校准），则在将临时管道和设备连接到常设电站设备前，应清除临时管道和设备上的残渣、尘土、油污和其他污染物。在最终连接到诸如阀门操作器和电磁阀的气动单体设备前，应清理（吹扫）供气管道，软管或仪表管，去除可能进入管道的粒状杂质或者水分。

6.5.8.7 箱体、水池或安装液位仪表的地坑

掉落到地坑的物体可能难以找回，并且小金属零件和碎屑会减小过流面积并损坏泵，应采取足够的防范措施防止工具、松散件、碎片掉入箱体、水池或地坑。在箱体、水池或地坑内使用的工具（如用于地坑液位浮子的扳手或者长杆）应有系索。

6.5.8.8 在线流量元件和仪表

当设备没有安装时，应选用合适大小的防异物盖子或塞子保护管道、仪表管线或者仪表开口，防止工具、松散件和碎片掉入；在安装前，检查设备里是否有异物，防止异物堵塞流量计和限流孔板。

6.5.8.9 仪表柜

在仪表柜上工作时，应遵循上述关于电气柜的相关描述；拆除螺丝时，应使用螺丝刀扣及防掉落隔挡；用吸尘器清除机架上及机柜底部的积尘和碎屑；应保证合适的气流量，防止碎片从箱体通风口进入电源箱。

6.5.8.10 燃料装卸设备上的电气仪控检修活动

在乏燃料池、换料井或反应堆腔上方的燃料装卸设备（如环吊、反应堆厂房吊车、换料机或乏燃料吊车）上进行电气或仪控活动时，都有可能将材料、工具、零件或其他东西掉入其中。建议在工作区域下搭建一种阻拦装置（防护网、护板、防水布或其他适用的装置）来拦截不慎掉落的物体，在所有工作结束后，要随即进行巡检，以验证没有工具、备件或其他物体遗留，防止在操作设备时异物掉入池腔中。

6.5.9 室外水池

禁止在水池边堆放物品。水池作业禁止使用无色透明塑料袋。在水池水面发现漂浮物及时发出工单，由相关单位进行处理。在确保人员不会受到身体伤害的情况下，水池作业中工作人员可不戴安全帽。

6.5.10 坑内作业

典型的坑内作业有泵房前池内作业、各种地坑泵内作业等。坑内作业时，所有进出人员必须进行进出登记。非工作人员进出应征得工作负责人同意，且工作负责人必须为其安排陪同人员或监护人员；所有进入坑内的物品，必须经过工作负责人检查、登记，以确认所携物品上无异物掉落的可能，否则应采取必要的措施进行防范，工作结束时应进行进出物品核对；工作暂停时前坑口必须牢固封堵或者安排人员现场看守。

6.5.11 坑口附近作业

坑口附近作业时，必须在坑口上搭设防异物落入的防护网或采取类似防异物落入的措施，在可能的情况下，对坑口进行封盖；减少在坑口附近区域的人员通过和材料运输；各种工具材料，采取系绳索等防坠落措施。如果坑内有工作，应尽量错开作业时间，如果必须安排在一个时间段内交叉作业时，则必须安排专人监护。

6.5.12 水下作业

为了避免将工具遗落在水下，必须做好登记确认工作，确保所有进入水下作业的工具都完好取出。

6.5.13 在役检查

在役检查作业除了要遵守容器管道内的作业要求外，必须做好容器管道打磨的防灰尘扩散工作，搭设封闭作业区，采用产生灰尘少的作业工艺，并及时清理打磨产生的灰尘避免灰尘四处扩散，特别是汽轮机厂房的汽水分离再热器、除氧器、高加、低加等容器。

6.5.14 土建

保持场地清洁，及时清理建筑废物。高处作业，必须搭设防异物落入的防护网或采取类似防异物落入的措施，避免异物坠落对其它系统设备造成异物进入的风险。露天作业要防止物项被风吹散。

6.5.15 化学物品使用

电厂化学品包括工艺系统化学添加物和化学辅助材料（如密封剂、粘结剂、清洗剂、防咬剂、研磨膏、在役检查用试剂等）两大类。

化学异物主要是指化学品中的杂质进入到工艺系统中，可能会引起设备腐蚀和辐射场的升高。在使用化学品时需确认所添加、使用的化学品质量符合技术规范要求；在储存、运输和使用化学品时采取密封、覆盖等措施防止引入异物；在添加化学品时应采用合适的辅助工具，并正确使用工具以防止引入异物；在系统设备上使用化学辅助材料，工作结束后尽量擦除和清洗设备上的残余化学品；

6.5.16 辐射防护

进入辐射控制区工作，需正确佩带个人剂量监测设备，防止掉落；系统开口作业、高空作业或水池作业时，手套、个人剂量监测设备等易脱落防护用品应使用胶带同连体防护服固定在一起。

6.5.17 仓储管理

仓库确保提供给现场的零件和材料没有异物。一是在分发零件和材料之时，对所有的从仓库中取出的零件和材料进行检查，确认没有异物；二是在物项采购过程中严格把控，具体如下：

- 1) 订购供货商和制造商提供的物料时，在合同中明确相关的防异物要求，设备在到达厂区时必须要有合适的防异物遮盖物和保护套；

- 2) 在验收期间识别物项是否有防异物保护，再进行合适的防异物控制；
- 3) 防异物屏障，如保护套、塞子、胶纸带和黏合剂的材料应能执行预定防异物功能但不物项产生不利影响，不要使用胶纸带作为防异物屏障；
- 4) 确保存储物项的所有遮盖物、保护套、塞子和其他罩子都完好无损。如果为了进入内部检查而移除遮盖物，在检查之后，应将遮盖物替换掉并重新封好开口，以保持防异物完整性；
- 5) 在连接管道之前，检查软管和软管配件是否有异物，以防止异物进入系统中；
- 6) 持续检查仓库的清洁度和整洁度，不在收货区域和储存区域堆积垃圾，避免异物进入设备内；
- 7) 分发给电厂及返回仓库的物项必须满足防异物要求，安装有合适的防异物遮盖物。

7 防异物专用工具

7.1 防异物挡板

防异物挡板应该满足工作的使用要求，通常是固体且易封闭。在某些特定的情况下，如需要通风等，可使用半固体挡板，例如栅栏、网状物、滤网等。

防异物挡板应当满足如下要求：

- 防异物挡板要贴有“防异物”的标签或者用橙黄色的标识，清晰可见；
- 不易碎、易爆，厚度足以满足防止挡板下的表面损坏；
- 不易撕碎的，例如纸张和塑料材料不能使用；
- 不能损坏系统及设备；
- 不会引起任何化学反应；
- 失效安全设计；
- 容易发现和取出；
- 只有被设计用来做 FME 挡板的物项才可以使用。

禁止使用如下材料制作异物挡板：

- 纸板；
- 木板；
- 透明材质。

建议使用不锈钢、铝板、环氧树脂板、HDPE 等材质。

在安装异物挡板之前，应该检查防异物挡板，确认防异物挡板无异物或松散部件和紧固件，无明显裂纹或损坏，一旦发现异常，应停止使用；在移动防异物挡板之前，要先检查确认防异物挡板附近无异物。

在防异物区域建立防异物挡板应该尽可能避免因意外疏忽而导致异物进入排除区域。在实际工作中，当工具/设备或人员在起重机/桥架上通过 1 级防异物区域时，防异物挡板应该安装在横跨 1 级防异物区域的起重机和桥架的栏杆扶手上，如乏池桥式起重机、装卸料机等。

所有的设备开口在不进行工作时需用防异物挡板要进行封堵，且应进行标记，未经工作人员同意，非工作人员禁止移动防异物挡板；移走任何一个防异物挡板之前，工作人员应该检查防异物挡板周围的区域，如有必要，检查防异物挡板后系统的压力，隔离阀的泄漏可能导致防异物挡板后方带压。

在某些情况下可以在设备开口处不使用防异物挡板，如异物的位置很容易被取出或因为

工作范围、时间、现场条件等原因使用防异物当班不现实或不必要。

7.1.2 汽轮机检修防异物盖板

汽轮机高中压缸、低压缸和高中压汽门等处的检修防异物盖板为检修人员工作区域，同时具备防异物功能。

性能要求：

- 盖板应完整覆盖法兰面，不得有孔、洞、缝出现，盖板安装后不干涉后续检修工作（法兰面螺栓不拆除）；
- 盖板须有合理的结构、足够的强度，具备不低于 $200\text{kg}/\text{m}^2$ 的承载能力；
- 盖板与设备接触部位必须采用软质材料进行保护，软质材料不易脱落；
- 盖板外表面应选用铝合金（6061 或 5052 以上性能）材料进行制作，且外表面有防滑花纹，并设计合理的吊环眼以便吊运；
- 盖板表面应无凸起、通孔，如设计有提拉把手，应为可拆卸式；
- 盖板应尽量减少螺栓、易掉落小件的使用，如必须使用，应在设计图纸中注明使用位置、规格、数量；
- 低压内、外缸人孔门防异物盖板中间采用细密钢丝网，以便在起到防止异物作用的基础上，还能达到通风、透气的效果，单个盖板重量不超过 15kg ；
- 盖板表面应有显眼的标志注明使用位置。

7.1.3 容器检修防异物盖板

容器检修防异物盖板主要用于以上设备在维修期间打开人孔后密封面保护及异物防护工作。

性能要求：

- 防异物盖板配套螺柱、螺母材质为 PVC 或尼龙；
- 一回路系统相关设备（蒸汽发生器、稳压器、安注箱、卸压箱）防异物盖板选用轻质钢制材质；
- 采用钢制材质的防异物盖板与设备本体法兰接触部分需设置软体保护；
- 二回路系统相关设备（凝汽器、高低压加热器、除氧器、汽水分离器）防异物盖板选用环氧树脂板、HDPE 板；
- 防异物盖板在满足要求的前提下，应尽量满足轻便可靠，易搬运，易拆装要求；
- 防异物盖板各部件表面需光滑无毛刺。

7.2 防异物防护罩

一般的开口可使用防异物防护罩，进行保护。防护罩通常是柔性的材料并有一定的深度，具备束口拉紧。束口若使用绳扣，应使用非金属无零部件的一体式塑料绳扣。在某些特定情况下，如需通风泄压，防护罩可使用网状设计。平面开口的防护罩不具备深度，可利用磁性固定。

防护罩基本要求：

- 材料具备阻燃、低卤素等特性，颜色为醒目橙黄色，通常可印刷“防异物防护罩”字样和尺寸等相关信息；
- 根据开口的情况选择防护罩的材料，总体上要易于加工和使用。如高温开口需要使

用耐高温材质，有腐蚀性的开口需要使用耐腐蚀材质等；

- 材质要易去污，加工方式尽可能避免使用缝制工艺；
- 不易碎、易爆，厚度足以满足防止挡板下的表面损坏；
- 不易撕碎的，例如纸张材料不能使用；
- 不能损坏系统及设备，不能引起任何化学反应；
- 失效安全设计，容易发现和取出。
- 只有被设计用来做防护罩的物项才可以使用。

禁止使用如下材料制作防护罩：

- 管道胶带（可用来固定挡板）；
- 纸；
- 塑料包装袋；
- 橡胶手套；
- 透明材质。

在使用防护罩之前，应该检查防护罩是否出现破损，确认防护罩内无异物、零散部件，确认束口可用且绳扣完好。若防护罩沾污严重，应去污后使用。

防护罩应作为防异物专用工具使用，不得另做他用。

除了设备系统开口，电气柜、放电机转子等可使用定制的防护罩进行防异物防护。

所有利用防护罩进行封堵的开口，都必须设置标识，未经工作人员同意，禁止拆除。同时结束工作后，必须解除防护罩避免遗忘导致异物形成。

利用防护罩进行开口保护前，务必判断系统是否需要通风或具有压力，防止造成系统内部负压或将防护罩吸入开口内。

7.3 防异物气囊

管道内部封堵可使用气囊作为工具，气囊应能够快速充气使用，可在管道中承受不低于 101bs 的压力。

为了防止充气气囊成为异物，请使用带有安全连接绳的气囊。

确保在封堵时做好标识工作，以便识别内部封堵装置。

气囊表面应覆盖聚酯材料进行加强，防止意外过度膨胀。

气囊材料可采用丁腈橡胶、氯化丁基橡胶、三元乙丙橡胶等，特殊工况下需要考虑耐辐照、耐腐蚀等问题。

7.4 可漂浮工具

水池边使用的工具，应考虑可漂浮（如可漂浮绑扎带、手电、望远镜等），若工具掉入水池后，方便打捞。

性能要求：

- 具备在燃料水池中漂浮或悬浮的能力，但不影响工具本身的功能；
- 不与水池中液体发生化学反应；
- 颜色为醒目的橙色；
- 材质应具备阻燃、卤素含量低、低吸水性满足标准要求（如 ASTM D 570 等）性质；
- 特殊要求：抗化学腐蚀、抗辐射、抗紫外线、耐极端温度、通过无铅认证；
- 尽可能减少易松动零部件的存在；
- 不含金属部件。

7.5 汽轮机厂房围栏

汽轮机检修期间，检修围栏用于为解体后的汽轮机设备及检修物资设立检修隔离区。

性能要求：

- 检修围栏套件由面板和立柱两部分构成，两者间的连接方式需可靠、耐用、拆装简便、美观，围栏套件无需要定期更换的部件；
- 立柱立面光滑无凸起，顶部封闭；
- 立柱底盘底面平整，尺寸根据面板、立柱重量确定，立柱底盘可配重以保证立柱稳定性，单根立柱整体重量不得超过 15kg；
- 面板不透光，表面无凸起、孔洞，结构牢靠稳固；
- 面板材质结实，主体材料可选用金属或金属夹层非金属材料；
- 单块面板最大重量不得超过 15kg；
- 任意两块面板间连接角度应可在 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 间无级调整；
- 面板立柱拼接完成后，整体高度为 1.60m，面板离地高度 100mm；
- 面板耐冲击性能好，防火，不易折损、变形、老化；
- 面板边框需结实、牢靠，不易变形；
- 面板表面平整性好，边框无毛刺；
- 面板天蓝色，可喷涂标识或制作宣传图案；
- 套件不得使用易锈材质制作。
- 尺寸偏差不得超过 $\pm 2\text{mm}$ 。
- 立柱、面板需分别制作专用金属存放箱用于储存、运输。

7.7 水池边围栏遮盖物

围栏遮盖物用于维修期间，对乏池和燃料水池的异物防护，主要安装在水池边围栏上，也可直接改造围栏形成永久性的防护。

性能要求：

- 遮盖物的设计应该能够完全遮盖围栏，保证各个部位接触部分无间隙，围栏需要放到或开门的地方，遮盖物不能影响操作；
- 遮盖物材质要求阻燃、耐磨、易去污，具有一定的抗拉强度，不易老化，颜色为橙色不透明，可印刷防异物（FME）等 logo 或宣传警示语；
- 遮盖物应采用能够快速安装的方式设计，拆卸方便，易收纳清洁，能够重复使用；
- 遮盖物本身不能存在易掉落的部件，不能使用金属部件；
- 遮盖物表面平整性好，边角无毛刺，无纤维脱落风险；
- 遮盖物材质可以使用塑料板或阻燃布。

7.8 控制区管控工具

管控工具用于维修期间，对防异物控制区进出的人员、物品等进行登记管理，通过管理减少物品遗留在控制区内形成异物的可能性。

性能要求：

- 此工具应是电子化、智能化、可视化的设备形式；
- 能够自动识别人员和物品，并在系统中形成数据表单，进行登记；
- 能够对比人员和物品进出控制区的信息，出现偏差时，能够及时发出警报；

- 能够对物品进行拍照，并提示人员检查物品完整性；
- 能够管理人员进入控制区的权限，并记录人员进入和离开控制区的时间；
- 能够储存所有的人员和物品信息，并能够上传至核电的管理系统中；
- 能够通过 APP 或短信的形式，实时查询防异物控制区的管控详情；
- 能够控制门禁设备，控制人员进出；
- 能够将人员信息和物品信息整合处理，可以进行工具系统数据对比，并能够按照需要导出详细数据清单；
- 能够控制监控设备，对防异物控制区内进行监控，并可追溯查询录像；
- 此工具应考虑使用者和管理者的权限，进行人性化设计，方便使用；
- 工具与工具之间可进行数据交换，数据统一存储在服务器端，形成厂内整体防异物控制系统。

附录 A
(资料性附录)

附录 B
