

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20521—2018

核电厂老化与寿命管理 设备筛选和分级指南

**Screening and classification guidelines for ageing and life management of
nuclear power plants equipment**

2018 - 12 - 10 发布

2019 - 04 - 01 实施

国家能源局 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 概述	1
5 老化管理设备筛选和分级	2
6 寿命管理设备筛选和分级	5
附录 A 资料性附录 核电厂老化管理设备筛选和分级表（示例）	7
附录 B 资料性附录 进一步确认 B 级对象的判断方法	9

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：苏州热工研究院有限公司、上海核工程研究设计院有限公司、国核电站运行服务技术有限公司、核动力运行研究所。

本部分主要起草人：李玲、王勇、张彦召、郭迪、逄文新、徐雪莲、石秀强、龚巍、钟志民、张孟仪、黄红科、张锋。

核电厂老化与寿命管理设备筛选和分级指南

1 范围

本标准对核电厂老化与寿命管理设备筛选和分级的流程及方法进行了规定和说明。

本标准适用于核电厂老化与寿命管理设备筛选和分级。

注：本标准中设备泛指构筑物、系统和部件。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，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。

NB/T 20151—2012 压水堆核电厂老化管理大纲编制指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

老化 ageing

构筑物、系统和部件的特征随时间或使用而逐渐变化的一般过程。

3.2

老化管理 ageing management

为把构筑物、系统和部件的老化降质控制在可接受限度内而采取的工程、运行和维护行动。

注：工程行动的实例包括设计、鉴定和故障分析；运行行动的实例包括监测、在规定限度内执行运行程序和进行环境测量；维护行动的实例包括预防性维修、纠正性维修、更换。

3.3

寿命管理 life management

寿命管理是将老化管理与经济规划进行集成：1) 优化设备的运行、维护和使用寿命；2) 维护可接受的实绩和安全水平；3) 在设施使用寿命期内最大程度地实现投资回报。

3.4

非能动部件 passive component

不依靠驱动、机械运动或动力源等外部输入执行功能的部件。

3.5

能动部件 active component

依靠驱动、机械运动或动力源等外部输入而运行的部件。

注：不属于非能动部件的任何部件都是能动部件。

4 概述

4.1 核电厂设备众多，应采用系统化的方法集中资源重点关注那些对核电厂安全运行有不利影响且对老化敏感的设备，同时还应关注那些虽然本身不具有安全功能，但其失效会妨碍其他设备执行安全功能的设备。

4.2 应综合考虑核电厂的安全性、可靠性和经济性，确定核电厂设备寿命管理优先级并制定相应的管理策略。

4.3 老化管理筛选和分级重点关注核电厂安全性，寿命管理筛选和分级需要综合考虑核电厂安全性、可靠性和经济性。两者关注的范围和判断方法有所不同，本标准对其分别进行规定和说明，其中老化管理筛选和分级方法及流程见第5章，寿命管理筛选和分级方法及流程见第6章。

4.4 核电厂老化与寿命管理设备筛选和分级工作的分析结果应以合适的方式形成可追溯的文件，以便于查询和审阅。

4.5 随着核电厂运行时间的延长及经验的积累，应对老化与寿命管理设备筛选和分级结果定期进行审查和更新。

4.6 文件

核电厂老化与寿命管理设备筛选和分级主要依据文件包括（但不限于）：

- a) 设计文件，如核电厂最终安全分析报告、系统设计手册、安全分级文件、设计图纸等；
- b) 设备制造、采购相关文件，如采购技术规范书、运行维修手册、制造完工报告等；
- c) 经验反馈，如核电厂内部运行经验反馈；源自于国家核安全局、中国核能行业协会、世界核电运营者协会（WANO）、美国电力科学研究院（EPRI）、国际原子能机构（IAEA）、美国核管会（USNRC）等外部经验反馈；
- d) 管理程序，如维修大纲、在役检查大纲、老化管理大纲、防腐大纲、监督大纲、改造与替代管理程序、经验反馈管理程序、维修规程、备品备件采购和贮存管理程序等；
- e) 运行数据和记录，如大修总结报告和相关维修记录、定期试验记录、改造与替代记录、老化专项评估报告、不符合项记录等。

5 老化管理设备筛选和分级

5.1 筛选和分级步骤

筛选和分级的步骤是：

- a) 构筑物 and 系统的筛选；
- b) 部件的筛选；
- c) 部件分类组合；
- d) 老化管理分级。

5.2 构筑物和系统的筛选

根据下列原则筛选核电厂老化管理关注的构筑物和系统清单：

- a) 安全相关构筑物和系统；
- b) 失效会影响安全相关系统执行其功能的非安全相关系统。

5.3 部件的筛选

根据5.2筛选出关注的构筑物和系统，通过下列原则进一步确定老化管理关注的部件清单：

- a) 安全相关部件；
- b) 失效会影响安全相关部件执行其功能的非安全相关部件。

5.4 部件分类组合

5.4.1 应对筛选出的部件进行分类组合，以便采用相同的老化管理活动实现集约化管理。

5.4.2 部件组合时应综合考虑影响老化管理分级的各种因素，包括（但不限于）：

- a) 部件类型相同或相近，如阀门、泵、热交换器、管道、电缆等；
- b) 安全等级一致，如机械设备安全1级、2级、3级，电气设备1E级、SR级；
- c) 材料相同或相近，如不锈钢、碳钢、镍基合金等；
- d) 运行工况和环境相同或相近，如一回路冷却剂环境、室内空气、潮湿空气、润滑油、蒸汽等。

5.5 老化管理分级

5.5.1 分级原则

老化管理分级应综合考虑重要度、老化敏感度、管理难易度三个维度，每个维度通过相关因素综合进行判断。

5.5.2 重要度（部件老化失效后对安全功能的影响程度）

重要度应考虑如下因素：

- a) 安全等级：根据核电厂的分级文件确定部件的安全等级，安全等级越高，重要度越高；
- b) 部件对安全功能的影响程度（高/低）：对部件的功能进行分析，判断部件失效对安全功能的影响程度，影响越高，重要度越高。

5.5.3 老化敏感度（老化问题的易发性）

老化敏感度应考虑如下因素：

- a) 老化机理（有/无）：综合考虑部件的设计、材料、在役工况、性能要求、运行经验及相关的研究结果，分析部件在特定运行工况和环境下的老化机理，若分析认为存在老化机理，则敏感度高；
- b) 是否发生过失效（是/否）：根据经验反馈，判断相同或相似环境、材料、部件是否因已认知的老化机理发生过失效，若已发生失效，则敏感度高；
- c) 老化机理业界的关注度（高/低）：根据国内外已实施或正在实施开展的旨在认知各种核电厂部件老化现象的研究内容和成果，分析特定老化机理目前业界的关注程度，若业界关注度高，则敏感度高；
- d) 部件的使用频度（高/低）：根据部件在核电厂的运行情况确定其使用频度（对特定老化机理考虑该因素），若使用频度高，则敏感度高。

5.5.4 管理难易度（老化效应管理的难易程度）

管理难易度应考虑如下因素：

- a) 部件类型：根据部件特性确定是能动/非能动部件：
 - 1) 核电厂对于大多数非能动部件，在寿期内未安排预防性维修活动或预防性维修周期较长，难以及时探测老化问题，通常情况下，非能动部件的老化管理难度高；
 - 2) 核电厂针对能动部件在其服役寿期内一般规定了适当的预防性维修活动，如监测运行工况、功能试验、预防性检查维修、部件更换等方式，可及时探测部件的老化问题并通过纠正性活动进行管理，通常情况下，能动部件老化管理难度低。
- b) 老化机理/效应的可预防性：综合考虑部件结构特点、运行环境、老化机理特征，核电厂目前已有的监检测措施是否可以有效的预防或缓解该老化机理引起的老化效应的发生：

- 1) 老化机理导致的老化效应不易探测或发现,或老化机理产生的老化效应发展到一定情况会产生突变,造成破坏性的后果,难以通过常规方法探测到,则认为该机理难以预防;
 - 2) 老化机理产生的老化效应,核电厂通过已有的检测方法,在日常的预防性维修活动中可以进行有效的管理,则认为该机理可预防。
- c) 部件失效后的可修复性:根据部件在该老化机理下发生的失效是否可以通过常规的维修方法如:打磨、机加工等方式进行修复来判断:
- 1) 修复后可以继续使用,不影响部件的功能,则认为是容易修复,如焊缝的磨损、腐蚀等;
 - 2) 若部件在该老化机理下发生的失效通过常规的方法难以修复,或者修复的成本较高,或者一般不进行维修、直接更换,则认为是难以修复,如部分紧固件;
 - 3) 若部件在该老化机理下发生的失效无法修复或修复成本不可接受,则认为是不可修复。
- d) 部件失效后的可更换性:根据部件失效后是否可以通过一般的操作新的备件进行更换来判断。判断时应考虑核电厂的实际情况,如部件是否处于不可达区域或空间结构限制:
- 1) 在核电厂整个服役寿期内不会进行更换的设备为不可更换,如安全壳、反应堆压力容器壳体;
 - 2) 部件在设计时认为在其服役寿期内不会发生失效、或该部件失效导致的更换成本过高、需整体更换,则认为难以更换,如大型阀门阀体、泵壳等;
 - 3) 一般的部件均认为容易更换,如螺栓、螺母、螺钉等紧固件,垫片、填料等密封件,轴承等。

5.6 老化管理分级原则

5.6.1 对三个维度的老化管理分级影响因素进行综合评价,原则如下:

- a) 对特定老化机理敏感,重要度高且该老化机理难以管理的部件/老化机理,核电厂应优先关注;
- b) 反之,对特定老化机理不敏感,重要度低或该老化机理易于管理的部件/老化机理,老化管理分级应逐级降低。

5.6.2 将部件/老化机理划分为三个层级分别进行管理,即老化管理1级(AM-1:核电厂老化管理最优先关注)、老化管理2级(AM-2)、老化管理3级(AM-3)。对于重要度高、老化敏感度高和老化管理难度高的部件/老化机理,原则上老化管理级别为1级(AM-1),对于重要度低、老化敏感度低和老化管理难度低的部件/老化机理,原则上老化管理级别为3级(AM-3)。其他的一般情况下为2级(AM-2),核电厂可根据实际情况对上述分级进行适当的调整。

5.6.3 AM-1级部件/老化机理应制定老化管理大纲,大纲的制订规定见NB/T 20151—2012。AM-2、AM-3级部件/老化机理应根据核电厂实际情况采取适合的老化管理活动。老化管理对象筛选分级示例参见附录A。

5.7 筛选和分级流程

老化管理对象筛选和分级流程见图1。

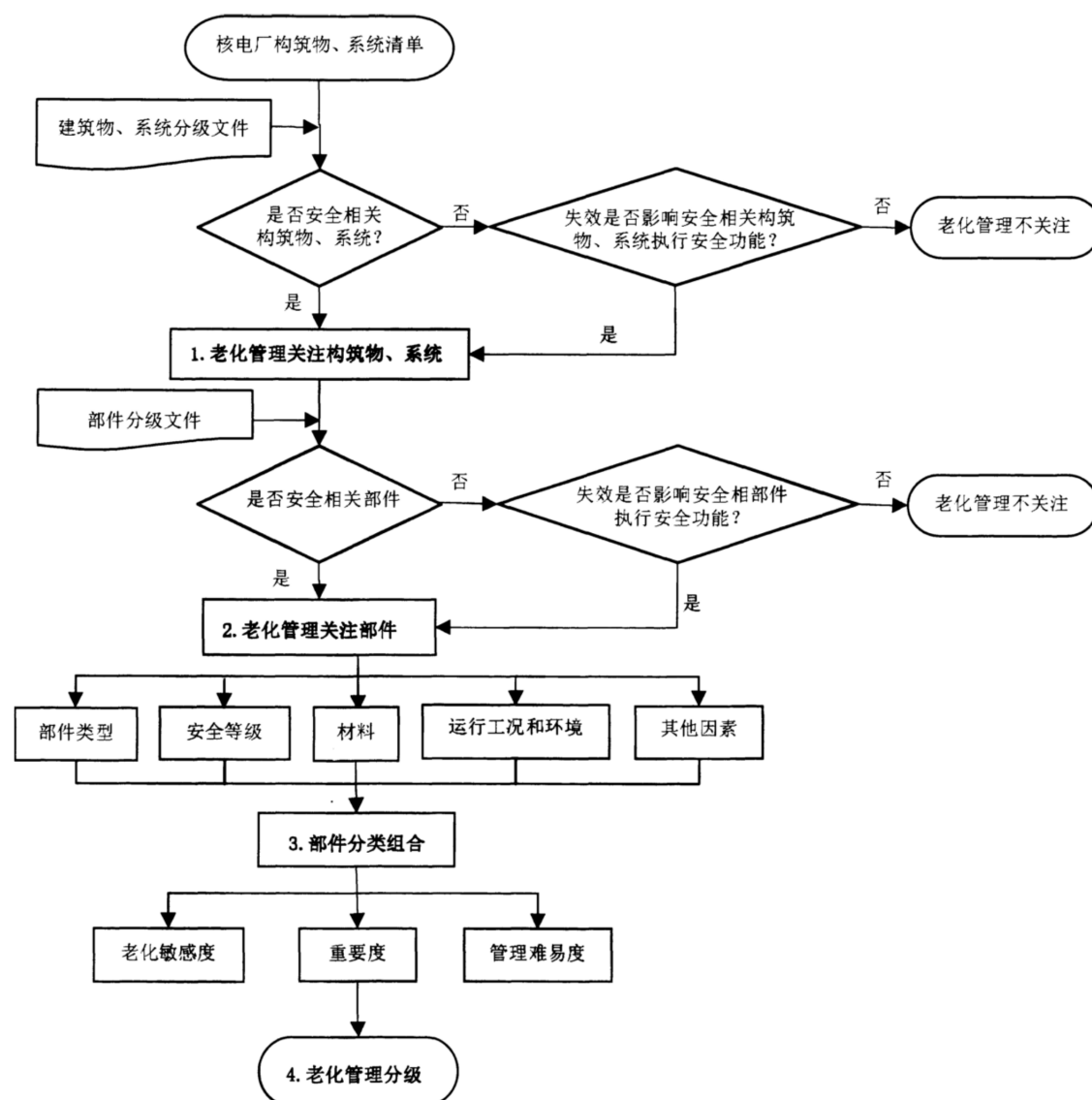


图1 老化管理设备筛选和分级流程

6 寿命管理设备筛选和分级

6.1 概述

核电厂应对安全性、可靠性和经济性重要的设备开展寿命管理工作，其他设备可采取维修、更换等措施进行管理。其中安全性、可靠性指标由核安全监管要求和/或设计要求确定，经济性指标由核电厂根据自身经营情况确定。

6.2 筛选和分级方法

对核电厂设备从影响安全性、可靠性、经济性及维修和更换角度进行分类，筛选出：

- a) 对安全性、可靠性和经济性有重要影响的，寿期内不考虑进行重大维修或更换的设备。如反应堆压力容器、安全壳等。此类设备划定为A级对象；

- b) 对安全性、可靠性和经济性有重要影响的，寿命内需考虑重要的维修或更换才能继续运行的设备。如汽轮机、发电机、主变、凝汽器等。此类设备划定为B级对象；
- c) 对安全性、可靠性或经济性不重要的，通过现有维修管理体系可以保证其可用性的设备。如电梯、污水系统等。此类设备划定为C级对象；
- d) 对安全性、可靠性或经济性不重要的，对核电厂运行影响很小，很少或者根本不需要维修，运行至失效后直接更换的设备。如照明等。此类设备划定为D级对象。

6.3 筛选和分级流程

基于寿命管理设备筛选和分级方法，寿命管理设备筛选分级流程见图2。

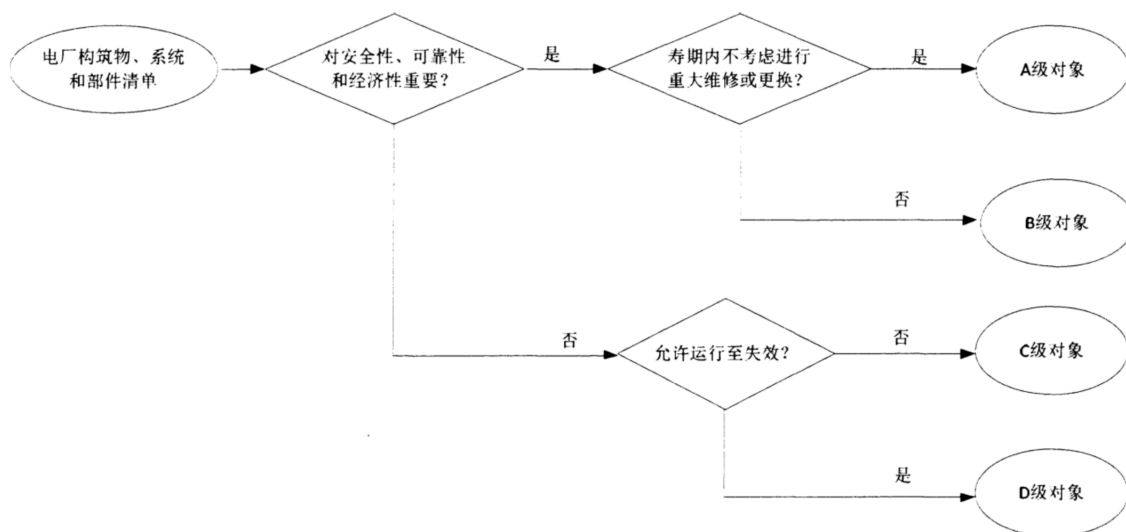


图2 寿命管理设备筛选和分级流程

对于A级对象，应开展寿命管理专题研究，制订系统地管理战略规划，其寿命管理水平将直接影响到核电厂整体寿期和安全性。

对于B级对象，应开展寿命管理技术工作，通过技术分析评估，制订设备全寿期管理方案，确保其安全服役至设计寿期或延寿期末。

对于C级对象，通过现有维修体系管理，可不开展寿命管理工作。

对于D级对象，运行至失效后直接更换，不需开展寿命管理工作。

6.4 筛选和分级策略

B级对象是寿命管理筛选的重点。寿命管理设备筛选和分级过程中，当不能确定某设备是属于B级、C级还是D级时，那么应将其列入到B级对象候选清单，通过进一步筛选确定，具体流程参见附录B。

附录 A
(资料性附录)
核电厂老化管理设备筛选和分级表 (示例)

核电厂老化管理设备筛选和分级表示例参见表A.1、表A.2。

表 A.1 核电厂老化管理设备筛选和分级表 (示例)

分析单 编号。	部件	重要度		老化敏感度				管理难易度				老化管 理级别
		安全等级	部件对安全 功能的影响 程度	老化机理	是否发生过 失效 ^a	老化机理的 业界关注度	设备的使用 频度	部件 类型	老化机理/效应的 可预防性	部件失效后 的可修复性	部件失效后 的可更换性	
XXXX	反应堆压力容器： 容器接管段	核安全1级	高	中子辐照脆化	是	高	高	非能动	难以预防	难以修复	不可更换	1
XXXX	反应堆压力容器： 容器接管段	核安全1级	高	疲劳	否	高	高	非能动	难以预防	难以修复	不可更换	1
XXXX	反应堆压力容器： 容器法兰	核安全1级	高	疲劳	否	低	高	非能动	难以预防	难以修复	不可更换	1
XXXX	反应堆压力容器： 容器法兰	核安全1级	高	硼酸腐蚀	是	高	高	非能动	可预防	难以修复	不可更换	1

表 A.1 核电厂老化设备筛选和分级表（续）

分析单 编号 ^a	部件	重要度		老化敏感度				管理难易度				老化管 理级别
		安全等级	部件对安全 功能的影响 程度	老化机理	是否发生 过失效 ^b	老化机理的 业界关注度	设备的使用 频度	部件 类型	老化机理/效应 可预防性	部件失效后 的可修复性	部件失效后 的可更换性	
XXXX	反应堆压力容器： 容器法兰	核安全 1 级	高	磨损	否	低	高	非能动	可预防	难以修复	不可更换	2
XXXX	安全壳：混凝土	LS	高	风化	是	高	高	非能动	可预防	容易维修	不可更换	1
XXXX	安全壳：混凝土	LS	高	硫酸盐侵蚀	是	高	高	非能动	可预防	容易维修	不可更换	1
XXXX	安全壳：混凝土	LS	高	碱-骨料反应	是	高	高	非能动	可预防	容易维修	不可更换	1
XXXX	安全壳：衬里	LS	低	点蚀	是	高	高	非能动	可预防	容易维修	难以更换	2
XXXX	安全壳：衬里	LS	低	腐蚀	是	高	高	非能动	可预防	容易维修	难以更换	2
XXXX	核级风阀：阀体	核安全 2 级	高	腐蚀	否	低	低	非能动	可预防	容易维修	容易更换	3

^a 为了便于管理，建议对核电厂老化设备管理筛选和分级结果统一编号，形式可视核电厂具体情况而定。

^b 如果此项判断断为“是”，则需要列举失效案例的相关信息。

附录 B
(资料性附录)
进一步确认B级对象的判断方法

通过以下判断方法进一步确认B级对象，流程参见图B.1。

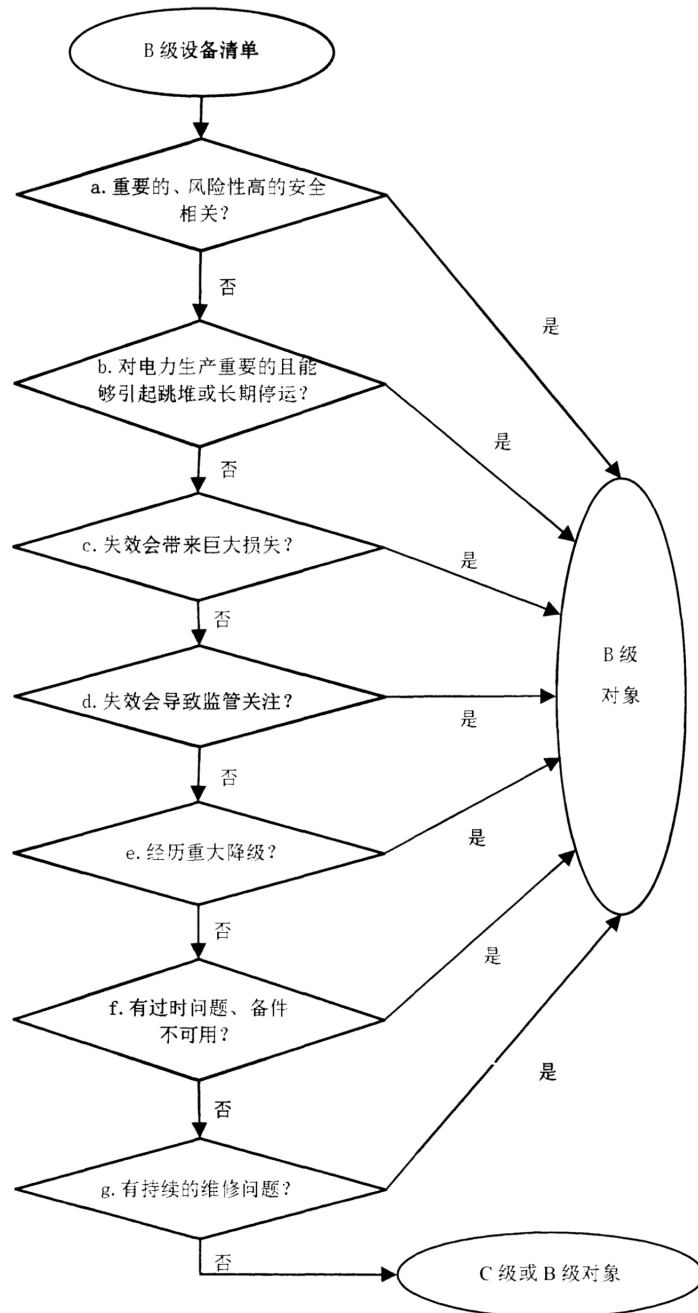


图 B.1 进一步确认 B 级对象的判断流程

各项判断的方法说明如下：

a) 是否为重要的、风险性高的安全相关设备？

重要的与安全相关的设备，其风险性高低决定了其需关注程度及是否需对其进行长期有效预防管理。

b) 对电力生产重要且可能引起跳堆或长期停运？

这些设备通常与主汽轮发电机和它的辅助系统、配电系统相关。非计划重大失效可能造成机组的长时间停运。

c) 失效会造成重大损失？

除了失效部件的维修或更换外，由于部件可用性差及火灾、爆炸、水灾、泄漏和蒸汽冲击等引起的次生效应会带来大量的额外费用。如果失效造成一系列连锁失效，则该设备需要关注。

d) 失效会导致监管关注？

如果设备失效超过维修规定的性能标准，则必须重点关注并且应采取纠正性行动。重复失效说明纠正性行动、维修措施无效，可能导致监管方关注。

e) 经历重大的降级？

设备过早或过度降级并且针对它们的纠正性或预防性行动只是暂时措施，或更换困难或昂贵，将作为关注的对象。

f) 有过时问题、备件不可用？

一些典型的设备，如电气和仪控部件，当前或将来会遇到技术过时问题，而又没有完备的解决方法可以利用。一些部件数量众多，维修花费巨大并且会影响到大修时间。

g) 有持续的维修问题？

重复失效和有持续维修问题的设备，表征出低可靠性或低可用性，或者造成了重复的电力损失或连续维修。该设备通常不是与安全有关的，但是对电力生产重要。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核电厂老化与寿命管理设备
筛选和分级指南
NB/T 20521—2018

*

核工业标准化研究所出版发行
北京海淀区骚子营1号院
邮政编码：100091
电 话：010-62863505
原子能出版社印刷
版权专有 不得翻印

*

2019年4月第1版 2019年4月第1次印刷
印数1—50 定价28.00元