

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20535—2018

核电厂一回路钝化技术导则

**Technical guideline for the passivation of the primary circuit
of nuclear power plants**

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 一回路钝化	1

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：中广核工程有限公司、国核工程有限公司。

本标准主要起草人：张剑、李鸿山、仲海明、张耀、张英良、褚建荣、李勇、黄宇。

核电厂一回路钝化技术导则

1 范围

本标准规定了压水堆核电厂一回路钝化实施的一般原则。

本标准适用于压水堆核电厂新机组热试期间一回路钝化。

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 20316—2014 压水堆核电厂装料前热态性能试验要求

NB/T 25011—2013 核电厂水化学处理系统调试导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自然钝化 natural passivation

在核电厂新机组热试期间，一回路在高温高压碱性条件下，金属内表面与水中溶解氧发生化学反应，形成氧化膜的过程。

3.2

加氢钝化 hydrogen injection passivation

在自然钝化基础上，向一回路注入一定浓度氢气的钝化工艺。

3.3

注锌钝化 zinc injection passivation

在自然钝化基础上，向一回路注入一定浓度氢气和锌的钝化工艺。

4 一回路钝化

4.1 钝化目的

一回路钝化是利用核电机组首次加热时一回路介质的弱碱性条件，促使铁基金属表面形成钝化膜。钝化形成致密的氧化膜，从而最大程度降低材料的腐蚀风险，减少腐蚀产物源项的产生，降低一回路放射性。

4.2 影响钝化效果的关键因素

一回路钝化的常用方法包括自然钝化，加氢钝化，注锌钝化。影响一回路钝化效果的因素包括：

- a) 一回路（包括主管道、蒸汽发生器、压力容器、稳压器、堆内构件等）材料合金元素的组成；
- b) 一回路材料加工水平；

- c) 一回路冷却剂 pH 值;
- d) 溶解氧与溶解氢含量;
- e) 钝化持续时间;
- f) 一回路冷却剂中杂质的含量 (尤其是阴离子, 如氯离子)。

4.3 钝化水质要求

4.3.1 自然钝化

- 一回路冷却剂温度至120℃前:
 - 主管道或稳压器液相溶解氧含量小于 100 $\mu\text{g/kg}$;
 - NH_3 加 N_2H_4 总含量小于 500 $\mu\text{g/kg}$;
 - F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量小于 150 $\mu\text{g/kg}$;
 - Na^+ 含量小于 200 $\mu\text{g/kg}$;
 - 容控箱气相氧气含量小于 0.5%;
 - 固体悬浮物小于 1.0 mg/kg 。

4.3.2 加氢钝化

- 一回路冷却剂温度至120℃前:
 - 主管道或稳压器液相溶解氧小于 100 $\mu\text{g/kg}$;
 - F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量小于 150 $\mu\text{g/kg}$;
 - 总硅含量小于 200 $\mu\text{g/kg}$;
 - NH_3 加 N_2H_4 含量小于 500 $\mu\text{g/kg}$;
 - 固体悬浮物含量小于 2.0 mg/kg 。

4.3.3 注锌钝化

注锌钝化前需满足如下要求:

- a) 一回路冷却剂温度至 120℃前:
 - 主管道或稳压器液相溶解氧小于 100 $\mu\text{g/kg}$;
 - F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量小于 150 $\mu\text{g/kg}$;
 - 总硅含量小于 200 $\mu\text{g/kg}$;
 - NH_3 加 N_2H_4 总含量小于 500 $\mu\text{g/kg}$;
 - 固体悬浮物含量小于 2.0 mg/kg 。
- b) 一回路冷却剂温度升至 177℃时, 应开始注入氢氧化锂、氢、醋酸锌:
 - Li^+ 含量范围 0.3 mg/kg ~0.8 mg/kg , 期望值 0.5 mg/kg ;
 - 溶解氢含量范围 25 cm^3/kg ~35 cm^3/kg , 期望值 30 cm^3/kg ;
 - Zn^{2+} 含量范围 20 mg/kg ~100 $\mu\text{g/kg}$, 期望值 60 $\mu\text{g/kg}$;

4.4 钝化过程条件控制

钝化启动后, 应严格控制 pH 值、固体悬浮物在限定范围内, 若某种元素超标 (如铝), 综合考虑对一回路进行换水或除盐控制。钝化期间应对 Li^+ 、Si、Al 进行定期监测, 当 Si、Al 含量变化较快且超出规定限制时, 应停止或减缓一回路升温, 同时应使除盐床全流量运行。

钝化时间从达到钝化温度开始计算。钝化期间, 若机组温度下降至钝化要求最低温度以下, 需重新恢复机组温度至钝化要求的温度, 继续钝化计时应扣除不满足温度要求的时间段。

4.5 钝化结束及评估

钝化结束后，一回路管道内表面形成足够厚度的氧化膜，并且达到稳定值；此时，应启动最大的净化，以排除腐蚀产物及悬浮物。

钝化持续时间、pH值、固体悬浮物宜作为确定钝化效果的重要指标，有条件时，可通过目视检查一回路主管道内表面确认钝化效果，表面呈现均匀致密黑色为良好。

4.6 自然钝化的方法和工艺过程

4.6.1 钝化准备

确认一回路和蒸汽发生器二次侧水质满足要求，一回路补水可用，一回路除盐床具备净化水质的能力。

4.6.2 钝化前水质调整

4.6.2.1 一回路冷却剂温度 90℃ 前，向一回路注入 LiOH。

4.6.2.2 一回路冷却剂温度至 90℃ 时，添加 N_2H_4 。

4.6.2.3 一回路冷却剂温度至 120℃ 前，水质应满足限值要求。

4.6.3 钝化实施

4.6.3.1 一回路冷却剂温度首次达到 260℃ 时，宜作为钝化开始时间。

4.6.3.2 钝化过程，应保持温度高于 260℃、pH 值（25℃）9.8~10.0、固体悬浮物小于 1.0 mg/kg。若一回路冷却剂中 Li^+ 超出上限，应投运除盐床，宜使 Li^+ 浓度至 0.5 mg/kg~2.0 mg/kg。

4.6.3.3 钝化持续时间至 300 h 以上，宜作为一回路钝化结束时间。

4.7 加氢钝化的方法和工艺过程

4.7.1 钝化准备

确认一回路和蒸汽发生器二次侧水质满足要求，一回路补水可用，一回路除盐床具备净化水质的能力。

4.7.2 钝化前水质调整

4.7.2.1 一回路冷却剂温度 80℃ 前，向一回路注入 LiOH。

4.7.2.2 一回路冷却剂温度至 80℃ 时，添加 N_2H_4 。

4.7.2.3 一回路冷却剂温度至 120℃ 前，水质应满足限值要求。

4.7.3 钝化实施

4.7.3.1 机组至热停平台时，向一回路注入氢气，使一回路溶解氢浓度达到规范要求，此时宜作为一回路钝化开始时间。

4.7.3.2 钝化开始后，向一回路注入 LiOH 溶液，宜使一回路 Li^+ 浓度为 2 mg/kg；向一回路注入硼酸溶液，宜使一回路硼浓度为 20 mg/kg。

4.7.3.3 钝化过程，应保持温度高于 260℃、pH 值（25℃）9.8~10.0、固体悬浮物小于 1.0 mg/kg。

4.7.3.4 钝化持续时间至 300 h 以上，宜作为一回路钝化结束时间。

4.7.3.5 一回路冷却剂温度小于 80℃，应注入双氧水（一回路氢已达到控制要求），并启动最大程度的净化，以去除腐蚀产物和固体悬浮物。

4.8 注锌钝化的方法和工艺过程

4.8.1 钝化准备

确认一回路和蒸汽发生器二次侧水质满足要求，一回路补水可用，一回路除盐床具备净化水质的能力。

4.8.2 钝化前水质调整

4.8.2.1 一回路冷却剂温度至 120℃ 前，宜按溶解氧浓度 1.5 倍向一回路注入 N_2H_4 ，水质应满足限值要求。

4.8.2.2 一回路冷却剂温度升至 177℃，应开始注入氢氧化锂、氢、醋酸锌。

4.8.3 钝化实施

4.8.3.1 一回路冷却剂温度首次达到 292℃ 时，宜作为一回路钝化开始时间。

4.8.3.2 钝化过程，应保持温度高于 292℃、pH 值（25℃）9.5~10.1、溶解氢 $30\text{ cm}^3/\text{kg}$ 、固体悬浮物小于 2.0 mg/kg ，钝化持续时间宜大于 336 h。

4.8.3.3 一回路冷却剂温度下降至 292℃ 以下，宜作为一回路钝化结束时间。

4.8.3.4 一回路温度开始下降后，停止注入醋酸锌，开启除盐床，将 Li^+ 浓度调节至小于 0.1 mg/kg ，同时注入硼酸，宜使一回路硼浓度为 $500\text{ mg/kg} \sim 1000\text{ mg/kg}$ ，一回路冷却剂 pH 值（25℃）应处于 4.0~5.6 范围。

4.8.3.5 一回路温度下降至 121℃，宜启动脱气塔除氢。

4.8.3.6 一回路冷却剂温度小于 82℃，应注入双氧水（一回路氢已达到控制要求），并启动最大程度的净化，以去除腐蚀产物和固体悬浮物。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核电厂一回路钝化技术导则
NB/T 20535—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 18.00 元