

1 主题内容与适用范围

本标准规定了压水堆核电站有关的水化学技术条件。以一回路主辅系统为主，二回路系统主要涉及与蒸汽发生器二次侧有关的部分。

2 核电站正常运行期间水化学技术条件

反应堆冷却剂系统、余热排出系统和反应堆冷却剂补水系统的水质要求见表1。

乏燃料水池、换料水箱和硼酸贮存箱的水质要求见表2。

设备冷却水的水质要求见表3。

表1 反应堆冷却剂系统、余热排出系统和反应堆冷却剂补水系统的水质要求

项 目	技 术 要 求		
	反 应 堆 冷 却 剂	余 热 排 出 系 统 冷 却 剂	反 应 堆 冷 却 剂 补 水
电导率(25°C), $\mu\text{s}/\text{cm}$	取决于硼酸和碱的浓度	取决于硼酸和碱的浓度	<1.0(阳离子电导率)
pH(25°C)	4.2~10.5	预期值~4.5	6.0~8.0
氧 ¹⁾ , ppm	≤0.005	≤0.10	<0.10
氯离子 ²⁾ , ppm	≤0.15	≤0.15	<0.10(总和)
氟离子 ³⁾ , ppm	≤0.15	≤0.15	—
氢 ³⁾ , CC(STP)/kgH ₂ O	25~50	—	—
悬浮体 ⁴⁾ , ppm	≤1.0	≤2.0	<0.10
总固体(不包括硼酸), ppm	—	—	<1.0
pH控制剂(Li ⁷ OH) ⁵⁾ , ppm	0.7~2.2(以Li表示)	—	—
硼酸(以B表示), ppm	0~4000	2000~4000	—
二氧化硅 ⁶⁾ , ppm	≤0.2	≤0.3	<0.1
铝 ⁶⁾ , ppm	≤0.05	≤0.08	<0.02
钙 ⁶⁾ , ppm	≤0.05	≤0.08	<0.02
镁 ⁶⁾ , ppm	≤0.05	≤0.06	<0.02
铬酸盐, ppm	—	≤0.1	—
钾, ppm	—	—	<0.01
钠, ppm	—	—	<0.01

注：1) 当反应堆启动至高于 82°C 时，冷却剂中氧浓度应保持在 0.1ppm 以下，反应堆功率运行时，注入规定值的氢，抑制氧浓度至 0.005ppm 以下。

补水中氧进入冷却剂系统时会被消耗掉，引起材料表面氧化，增加腐蚀和腐蚀产物。

- 2) 系统在任何温度下，氟离子和氟离子的浓度任何时候都应低于规定值。
- 3) 由于化学和容积控制箱在冷却剂上充和下泄进入反应堆冷却剂系统时压力的变化，氢浓度可以超过正常的运行值 $30\sim 40\text{CC}(\text{STP})/\text{kgH}_2\text{O}$ 。功率大于 1MW 或核加热后冷却剂中氢浓度必须在 $25\sim 50\text{CC}(\text{STP})/\text{kgH}_2\text{O}$ 。计划停堆之前 24h ，冷却剂系统准备降温，氢浓度可以降到 $15\text{CC}(\text{STP})/\text{kgH}_2\text{O}$ 。较早地降低氢浓度有利于停堆后氢的脱气，这技术要求不包括亚临界运行期间的衰变热。
- 4) 应限制悬浮体的浓度，冷却剂中悬浮的固体物质会在燃料包壳表面沾污或结垢，成为被活化的腐蚀产物，增加冷却剂的放射性水平。
可用 0.45μ 孔隙的过滤器来测定悬浮体浓度。
- 5) 启动反应堆升温到 65°C 以前，应调节氢氧化锂至规定范围。在冷态水压试验和热态功能试验期间，冷却剂中没有硼酸时，应保持适量氢氧化锂，以抑制卤素应力腐蚀。核电厂再启动时，应在 82°C 之前调节氢氧化锂至规定范围。
- 6) 有些堆芯的热工和水力条件，导致一定程度过冷的泡核沸腾传热，泡核沸腾又引起不溶性腐蚀产物沉积增加。相反地，由于冷却剂中杂质或其它原因，单相传热的堆芯会使过多的不溶性腐蚀产物沉积，由此可能诱发沸腾传热。在任何情况下，伴随着钙、镁硬度和铝、二氧化硅进入不溶性腐蚀产物，既使包壳表面生成可观的传热屏障，又使不溶性腐蚀产物致密，可能增加包壳表面氢氧化锂浓度。一般地说，特别是对于核燃料，沸腾传热表面的经验表明，或导致破坏性腐蚀，或导致燃料元件氢化。因此要求适当地控制冷却剂水质，保持堆芯高度完整性。在堆芯控制不溶性腐蚀产物的积累，有助于控制一回路系统活化产物的迁移。

表2 乏燃料水池、换料水箱和硼酸贮存箱的水质要求

项 目	技 术 要 求		
	乏 燃 料 水 池	换 料 水 箱	硼 酸 贮 存 箱
pH	取决于硼酸浓度 $4.0\sim 4.7$	取决于硼酸浓度 $4.0\sim 4.7$	取决于硼酸浓度
硼酸(以B表示) ¹⁾ , ppm	$2000\sim 4000$ (停堆 $K_{\text{eff}} = 0.90$)	$2000\sim 4000$ (停堆 $K_{\text{eff}} = 0.90$)	4%: $7000\sim 7700$ 12%: $20000\sim 22500$
氟离子, ppm	≤ 0.15	≤ 0.15	$\leq 0.15^2)$
氟, ppm	≤ 0.15	≤ 0.15	≤ 0.25
补水 ³⁾	与反应堆冷却剂补水的水质相同	与反应堆冷却剂补水的水质相同	与反应堆冷却剂补水的水质相同
悬浮体 ⁴⁾ , ppm	—	2.0	—
二氧化硅 ⁵⁾ , ppm	—	≤ 0.3	4%: ≤ 0.70 12%: ≤ 2.1

续表 2

项 目	技 术 要 求		
	乏燃料水池	换料水箱	硼酸贮存箱
铝 ⁵⁾ , ppm	—	≤0.08	4%: ≤0.22 12%: ≤0.66
钙 ⁶⁾ , ppm	≤1.0	≤0.08	4%: ≤0.22 12%: ≤0.66
镁 ⁶⁾ , ppm	≤1.0	≤0.08	4%: ≤0.22 12%: ≤0.66

注: 1) 取决于核电厂设计, 规定数值应列入表内, 以供参考。

2) 只适用于技术条件, 允许其高于规定浓度。

3) 不要求溶解氧的规定限值。

4) 见表1注4)。

5) 见表1注6)。

表3 设备冷却水的水质要求

项 目	技 术 要 求
缓蚀剂 K_2CrO_4 (以 CrO_4^{2-} 计)	175~225ppm ¹⁾
pH(25°C) ²⁾	8.0~9.0
氯离子, ppm	≤0.15
氟离子, ppm	≤0.15
补水	与反应堆冷却剂补水的水质相同 ³⁾

注: 1) 充入系统后第一星期为1000ppm, 以后逐渐减少到175~225ppm。铬酸盐浓度的减少, 是由于材料表面生成保护膜以及补偿系统泄漏和取样损失而加入的纯水补给。

2) 若pH低于规定值, 可添加氢氧化钾来控制, 若pH高于规定值, 则可添加重铬酸钾 $K_2Cr_2O_7$ 。

3) 不要求溶解氧的规定限值。

3 核电厂正常运行期间取样、测试项目和时间表

一回路各个系统取样和时间表见表4; 各种试样的测试项目和时间表见表5。