

ICS 27.100
F 23
备案号: 60051-2017

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 956 — 2017
代替 DL/T 956 — 2005

火力发电厂停（备）用热力设备 防锈蚀导则

Guideline for lay-up of thermal power equipment in fossil plants

2017-08-02 发布

2017-12-01 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 总则	1
4 热力设备停(备)用期间防锈蚀方法的选择	2
5 停(备)用锅炉的防锈蚀方法	4
6 停(备)用汽轮机的防锈蚀方法	14
7 停(备)用高压加热器的防锈蚀方法	17
8 停(备)用低压加热器的防锈蚀方法	19
9 停(备)用热网加热器及热网首站循环水系统的防锈蚀方法	19
10 停(备)用除氧器的防锈蚀方法	20
11 停(备)用凝汽器的防锈蚀方法	20
12 停(备)用闭式冷却器、轴冷器、冷油器和发电机内冷水系统的防锈蚀方法	21
13 停(备)用锅炉烟气侧的防锈蚀方法	21
附录 A (规范性附录) 各种防锈蚀方法的监督项目和控制标准	22
附录 B (资料性附录) 碳钢在大气中的腐蚀速率与相对湿度关系	23
附录 C (资料性附录) 气体湿度的测定方法(相对湿度计法)	24
附录 D (资料性附录) 转轮除湿机工作原理	25
附录 E (资料性附录) 气相缓蚀剂碳酸环己胺的测定方法	26

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准是对 DL/T 956—2005《火力发电厂热力设备停（备）用防锈蚀导则》的修订，与 DL/T 956—2005 相比，本标准主要技术内容变化如下：

——修改了范围和规范性引用文件。

——修改了总则。

——修改了锅炉，汽轮机，高、低压加热器等热力设备停（备）用部分防锈蚀保护的基本要求、保护方法和注意事项。

——增加了锅炉、汽轮机、高压加热器和凝汽器停（备）用的表面活性胺防锈蚀保护方法。

——增加了直接空冷凝汽器、间接空冷凝汽器停（备）用防锈蚀保护方法。

——增加了热网加热器及热网首站循环水系统停（备）用防锈蚀保护方法。

——修改了附录 A 和附录 B。

——删除了附录 C 气体温度湿度换算表。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电厂化学标准化技术委员会（DL/TC13）归口。

本标准主要起草单位：西安热工研究院有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：柯于进、周永言、范圣平、杨俊。

本标准历次发布的版本是 SD 223—1987、DL/T 956—2005。

本标准自实施之日起代替 DL/T 956—2005。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

火力发电厂停（备）用热力设备防锈蚀导则

1 范围

本标准规定了火力发电厂热力设备停（备）用防锈蚀保护的技术要求、方法以及选用的原则。本标准适用于火力发电机组的锅炉、汽轮机、加热器、凝汽器等热力设备的停（备）用防锈蚀保护。核电站二回路热力设备停（备）用防锈蚀保护可参考本标准执行。

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。

GB/T 6904 工业循环冷却水及锅炉用水中 pH 的测定
 GB/T 6906 锅炉用水和冷却水分析方法 联氨的测定
 GB 8978 污水综合排放标准
 GB/T 12145 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量
 GB/T 12146 锅炉用水和冷却水分析方法 联氨的测定
 DL/T 561 火力发电厂水汽监督导则

3 总则

3.1 火力发电厂热力设备停（备）用期间应采取有效的防锈蚀保护措施。

3.2 火力发电厂应根据其实际情况制定相应的热力设备防锈蚀保护工作制度和监督制度，并明确分工和责任。各专业宜按如下要求进行分工：

- a) 化学专业应负责制定保护方案、措施，检验防锈蚀用药剂、气体，负责加药、保护和废液处理期间的化学监督，并对保护效果进行检查、评价和总结。
- b) 锅炉、汽轮机专业负责相关热力设备的防锈蚀设备和系统的安装、操作和维护，并建立操作台账。
- c) 当值值长负责组织停（备）用热力设备防锈蚀保护措施的实施，并实行操作票制度。

3.3 火力发电厂应加强热力设备停（备）用期间的化学监督，化学监督应符合如下要求：

- a) 防锈蚀保护用化学药品、气体等，在使用前，应对其纯度进行检测。
- b) 应根据各种防锈蚀方法的要求进行化学监督。各种防锈蚀方法的监督项目和控制标准见附录 A。

3.4 火力发电厂应对热力设备停（备）用防锈效果进行评价，并总结经验，不断改进。评价依据的原则如下：

- a) 应主要根据机组启动时冷态、热态水冲洗时间的长短，以及机组并网后 8h 的水汽质量，特别是给水铁含量是否符合 GB/T 12145 和 DL/T 561 的要求等方面，对热力设备停（备）用保护效果进行评价。应详细记录启动用水量、冲洗时间和水汽品质等数据，并进行对比分析。
- b) D、C 级检修时，应检查高、低压加热器，除氧器，汽包和水冷壁下水包或下联箱积水和腐蚀状态。机组 B 级及以上检修期间，应对锅炉受热面进行割管检查，对汽包、下水包或下联箱、除氧器、凝汽器、高/低压加热器、汽轮机低压缸通流部件等重要热力设备进行腐蚀检查，这些部位应无明显的停用腐蚀现象。同时将检查结果与上次检查结果和其他机组的检查结果进行比较。

4 热力设备停（备）用期间防锈蚀方法的选择

4.1 方法选择原则

4.1.1 机组热力设备防锈蚀保护方法选择的基本原则是：机组的参数和类型，给水、炉水处理方式，停（备）用时间的长短和性质，现场条件、可操作性及经济性。

4.1.2 采用的防锈蚀保护方法不应影响机组启动、正常运行时汽水品质和机组正常运行热力系统所形成的保护膜。

4.1.3 机组停用保护方法应与机组运行所采用的给水处理工艺兼容，不应影响凝结水精处理设备的正常投运。

4.1.4 当采用新型有机胺碱化剂、缓蚀剂进行停用保养时，应经过试验确定药品浓度和工艺参数，避免因药品过量或分解产物腐蚀和污染热力设备。

4.1.5 其他应考虑的因素如下：

- a) 防锈蚀保护方法不应影响机组按电网要求随时启动运行要求；
- b) 有废液处理设施，并且废液排放应符合 GB 8978 及当地环保部门的相关规定；
- c) 冻结因素和大气条件，例如海滨电厂的盐雾环境等因素；
- d) 所采用的保护方法不应影响热力设备的检修工作和检修人员的安全。

4.2 机组热力设备常用停（备）用防锈蚀保护方法

机组热力设备常用停（备）用防锈蚀保护方法见表 1。

表 1 机组热力设备常用停（备）用防锈蚀保护方法

防锈蚀方法	适用状态	适用设备及部位	防锈蚀方法的工艺要求	停用时间					备注
				≤3天	<1周	<1月	<1季度	>1季度	
干法防锈蚀保护	热炉放水余热烘干法	锅炉	炉膛有足够余热，系统严密	√	√	√			应无积水
	负压余热烘干法	锅炉、汽轮机	炉膛有足够余热，配备有抽气系统，系统严密		√	√	√		应无积水
	干风干燥法	锅炉，汽轮机，凝汽器，高、低压加热器，烟气管	备有干风系统和设备，干风应能连续供给			√	√	√	应无积水
	热风吹干法	锅炉、汽轮机	备有热风系统和设备，热风应能连续供给			√	√	√	应无积水

表 1 (续)

防腐蚀方法	适用状态	适用设备及部位	防腐蚀方法的工艺要求	停用时间					备注	
				≤3天	<1周	<1月	<1季度	>1季度		
干法防腐蚀保护	氨水碱化烘干法	锅炉、无铜给水系统	停炉前 4h 加氨提高给水 pH 值至 9.6~10.5, 余热烘干	√	√	√	√	√	应无积水	
	氨、联氨钝化烘干法	锅炉、给水系统	停炉前 4h, 无铜系统加氨提高给水 pH 值至 9.6~10.5, 有铜系统给水 pH 值至 9.1~9.3, 给水联氨浓度加大到 0.5mg/L ~ 10mg/L, 炉水联氨浓度加大到 200 mg/L ~ 400 mg/L; 余热烘干	√	√	√	√	√	应无积水	
	气相缓蚀剂法	锅炉, 高、低压加热器, 凝汽器	要配置热风电气化系统, 系统应严密, 锅炉, 高、低压加热器应基本干燥		√	√	√	√	应无积水	
	干燥剂去湿法	小容量、低参数锅炉、汽轮机	设备相对严密, 内部空气相对湿度应不高于 60%				√	√	应无积水	
	通风干燥法	凝汽器水侧	备有通风设备		√	√	√	√	应无积水	
	蒸汽压力法	锅炉	锅炉保持一定压力	√	√					
	给水压力法	锅炉及给水系统	锅炉保持一定压力, 给水水质保持运行水质	√	√					
	维持密封、真空法	汽轮机、再热器、凝汽器汽侧	维持凝汽器真空, 汽轮机轴封蒸汽保持使汽轮机处于密封状态	√	√					
	湿法防腐蚀保护	加氨提高 pH 值、氨水法	锅炉, 高、低压给水系统	无铜系统, 有配药、加药系统	√	√	√	√	√	
		氨-联氨法	锅炉, 高、低压给水系统	有配药、加药系统和废液处理系统	√	√	√	√	√	
充氨法		锅炉, 高、低压给水系统, 热网加热器汽侧	配置充氨系统, 氨气纯度应符合附录 A 要求, 系统有一定严密性		√	√	√	√		
成膜胺法		机组水汽系统	配有加药系统, 停机过程中实施			√	√	√		
表面活性胺		机组水汽系统	配有加药系统, 停机过程中实施			√	√	√		

5 停（备）用锅炉的防锈蚀方法

5.1 热炉放水余热烘干法

5.1.1 技术要点

热炉放水余热烘干等干法保护的原理是维持停（备）用热力设备内相对湿度小于碳钢腐蚀速率急剧增大的临界值。碳钢在大气中的腐蚀速率与相对湿度关系参见附录 B。

锅炉停运后，压力降至锅炉制造厂的规定值时，迅速放尽锅内存水，利用炉膛余热烘干锅炉受热面。

5.1.2 保护方法

5.1.2.1 停炉后，迅速关闭锅炉各风门、挡板，封闭炉膛，防止热量过快散失。

5.1.2.2 固态排渣汽包锅炉，当汽包压力降至 0.6 MPa~1.6MPa 时，迅速放尽炉水；固态排渣直流锅炉，在分离器压力降至 1.6MPa~3.0MPa，对应进水温度下降到 201℃~334℃时，迅速放尽锅内存水；液态排渣锅炉可根据锅炉制造厂的要求执行热炉带压放水。

5.1.2.3 放水过程中应全开空气门、排汽门和放水门，自然通风排出锅内湿气，直至锅内空气相对湿度达到 60%或等于环境相对湿度。

5.1.2.4 放水结束后，应关闭空气门、排汽门和放水门，封闭锅炉。

5.1.3 注意事项

- a) 在烘干过程中，应定时用湿度计直接测定或参考附录 C 的测定方法测定锅内空气相对湿度。
- b) 汽包锅炉降压、放水过程中，应严格控制汽包上、下壁温度差不超过制造厂允许值，即壁温差 $<40^{\circ}\text{C}$ ；直流锅炉降压、放水过程中，应控制联箱和分离器等厚壁容器的壁温差不超过制造厂允许值。

5.2 负压余热烘干法

5.2.1 技术要点

负压余热烘干法的原理与热炉放水余热烘干法相同。锅炉停运后，压力降至锅炉制造厂规定值时，迅速放尽锅内存水，然后利用凝汽器抽真空系统对锅炉抽真空，加快锅内湿气的排出，提高烘干效果。

5.2.2 保护方法

5.2.2.1 锅炉停运后，按 5.1.2.1~5.1.2.2 的规定放尽锅内存水，然后立即关闭空气门、排汽门和放水门。

5.2.2.2 利用凝汽器抽真空系统抽真空。打开一、二级启动旁路，利用凝汽器抽真空系统对锅炉再热器、过热器和锅炉水冷系统进行抽真空，使汽包（分离器）真空度大于 50kPa，并维持 1h；开启省煤器和汽包（分离器）空气门 1h~2h，用空气置换锅内残存湿气，关闭空气门；继续抽真空过程 2h~4h，直至锅内空气相对湿度降到 60%或等于环境相对湿度。

5.2.3 注意事项

汽包锅炉降压、放水过程中，应严格控制汽包上、下壁温度差不超过制造厂允许值，即壁温差 $<40^{\circ}\text{C}$ ；直流锅炉降压、放水过程中，应控制联箱、分离器等厚壁容器的壁温差不超过制造厂允许值。

5.3 干风干燥法

5.3.1 技术要点

干风干燥法的原理是保证热力设备内相对湿度处于免受腐蚀的干燥状态。将常温空气通过一专门的转轮吸附除湿设备和冷冻除湿设备，除去空气中湿分，产生常温干燥空气（干风）；将干风通入热力设备，除去热力设备中的残留水分，使热力设备表面达到干燥而得到保护。转轮除湿设备的工作原理参见附录 D。

该方法由于采用的是常温空气，因此设备内部处于常温状态，能够有效减轻因为温度降低造成相对湿度升高而引起的锈蚀。与热风干燥相比，干风干燥所消耗的能量要少得多。

5.3.2 保护方法

5.3.2.1 锅炉停运后，按 5.1.2.1、5.1.2.2 的规定放尽锅内存水，烘干锅炉。

5.3.2.2 根据锅炉实际情况设计并连接干风系统，图 1 和图 2 是两种连接示例。

5.3.2.3 启动除湿机，对锅炉进行干燥。在停（备）保护期间，维持锅炉各排气点的相对湿度为 30%~50%，并由此控制除湿机的启停。

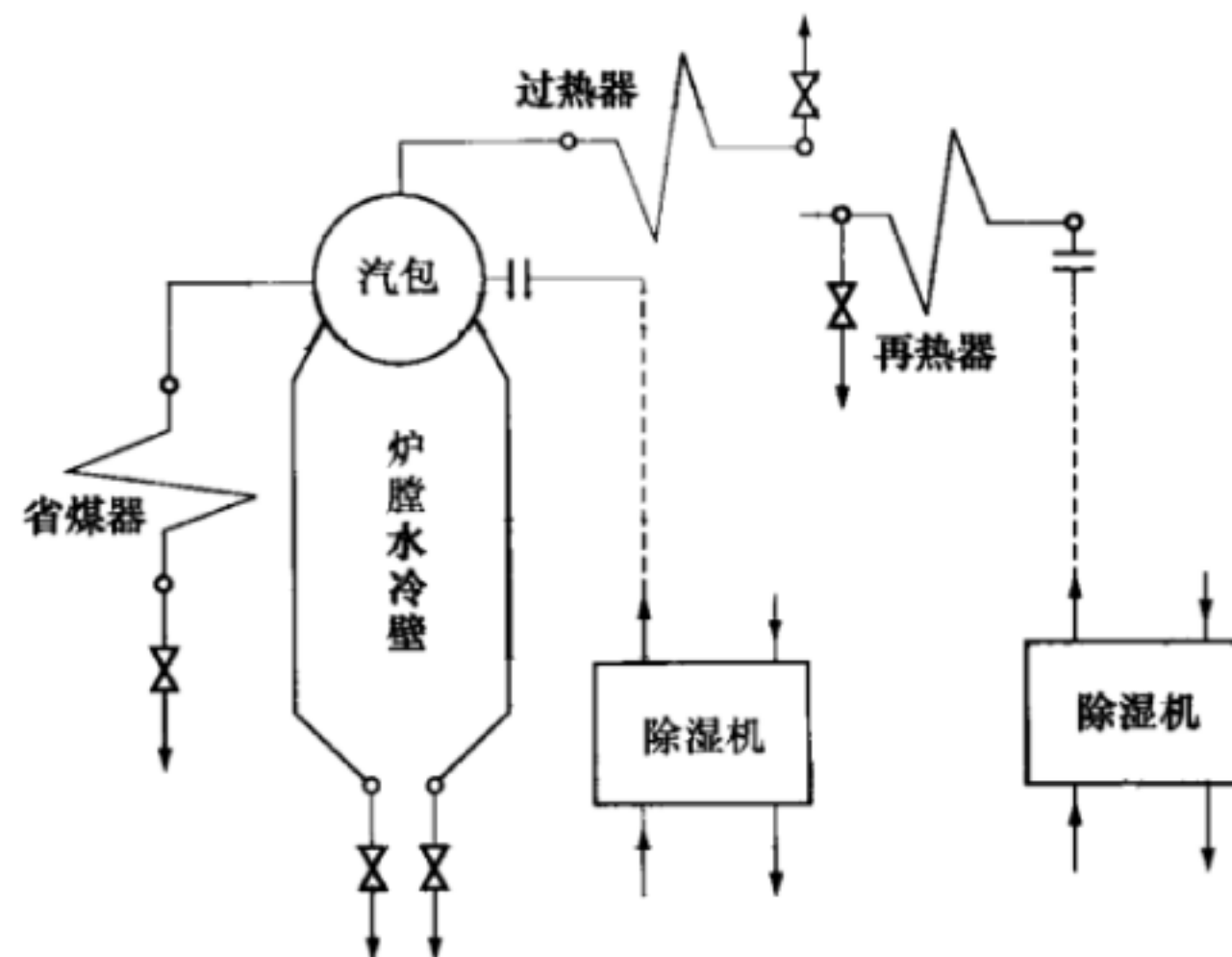
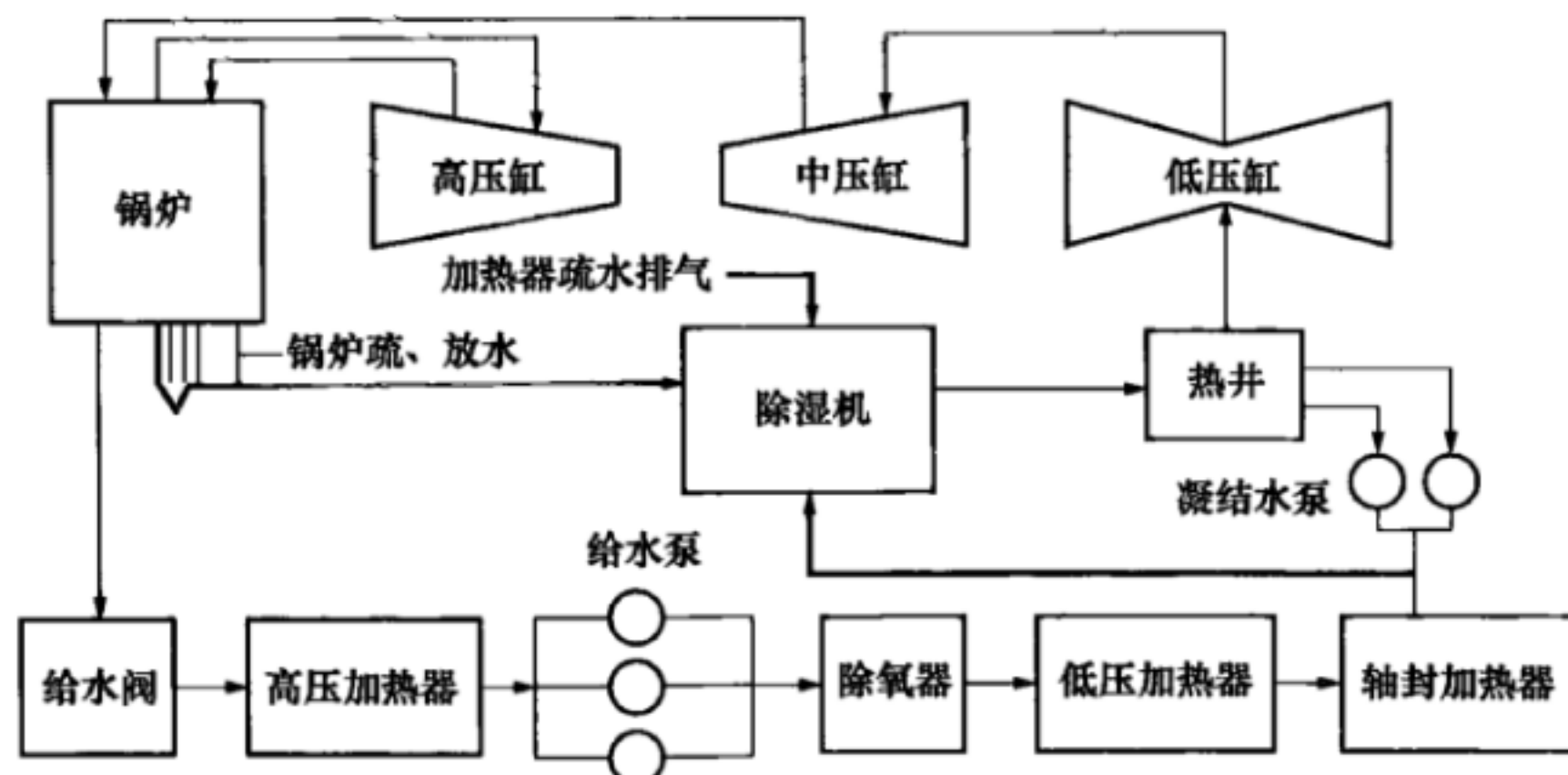


图 1 开路式干风干燥系统示意图



说明：—— 干风进入；—— 干风返回。

图 2 循环式干风干燥系统示意图

5.3.3 注意事项

- 应尽量提高锅炉受热面的放水压力和温度，但应严格控制管壁温度差不超过制造厂允许值。
- 根据每小时置换锅内空气 5 次~10 次的要求选择除湿机的容量。
- 定期用相对湿度计监测各排气点的相对湿度。
- 除湿机可供多台机组共用，每台机组预留专门的通干风接口。

5.4 热风干燥法

5.4.1 技术要点

热炉热放水结束后，启动专用正压吹干装置，将脱水、脱油、滤尘的热压缩空气经锅炉适当部位吹入和排出，吹干锅炉受热面，达到干燥保护目的。

5.4.2 保护方法

5.4.2.1 停炉后，迅速关闭锅炉各风门、挡板，封闭炉膛，防止热量过快散失。

5.4.2.2 汽包锅炉，当汽包压力降至 1.0MPa~2.5MPa；直流锅炉，当分离器压力降至 2.0MPa~3.0MPa 时，打开过热器、再热器对空排汽、疏放水门和空气门排汽。

5.4.2.3 固态排渣汽包锅炉，当汽包压力降至 0.6MPa~1.6MPa 时，迅速放尽炉水；固态排渣直流锅炉，在分离器压力降至 1.6MPa~3.0MPa，对应进水温度降至 201℃~334℃时，迅速放尽锅内存水。液态排渣锅炉可根据锅炉制造厂的要求执行热炉带压放水。

5.4.2.4 放水结束后，启动专门的正压吹干装置将温度为 180℃~200℃的压缩空气，参照图 3 所示系统依次吹干再热器、过热器、水冷系统和省煤器。监督各排气点空气相对湿度，其值小于或等于当时大气相对湿度为合格。

5.4.2.5 锅炉若短期停用，停炉时吹干即可；若长期停用，一般每周启动正压吹干装置一次，维持受热面内相对湿度小于或等于当时大气相对湿度。

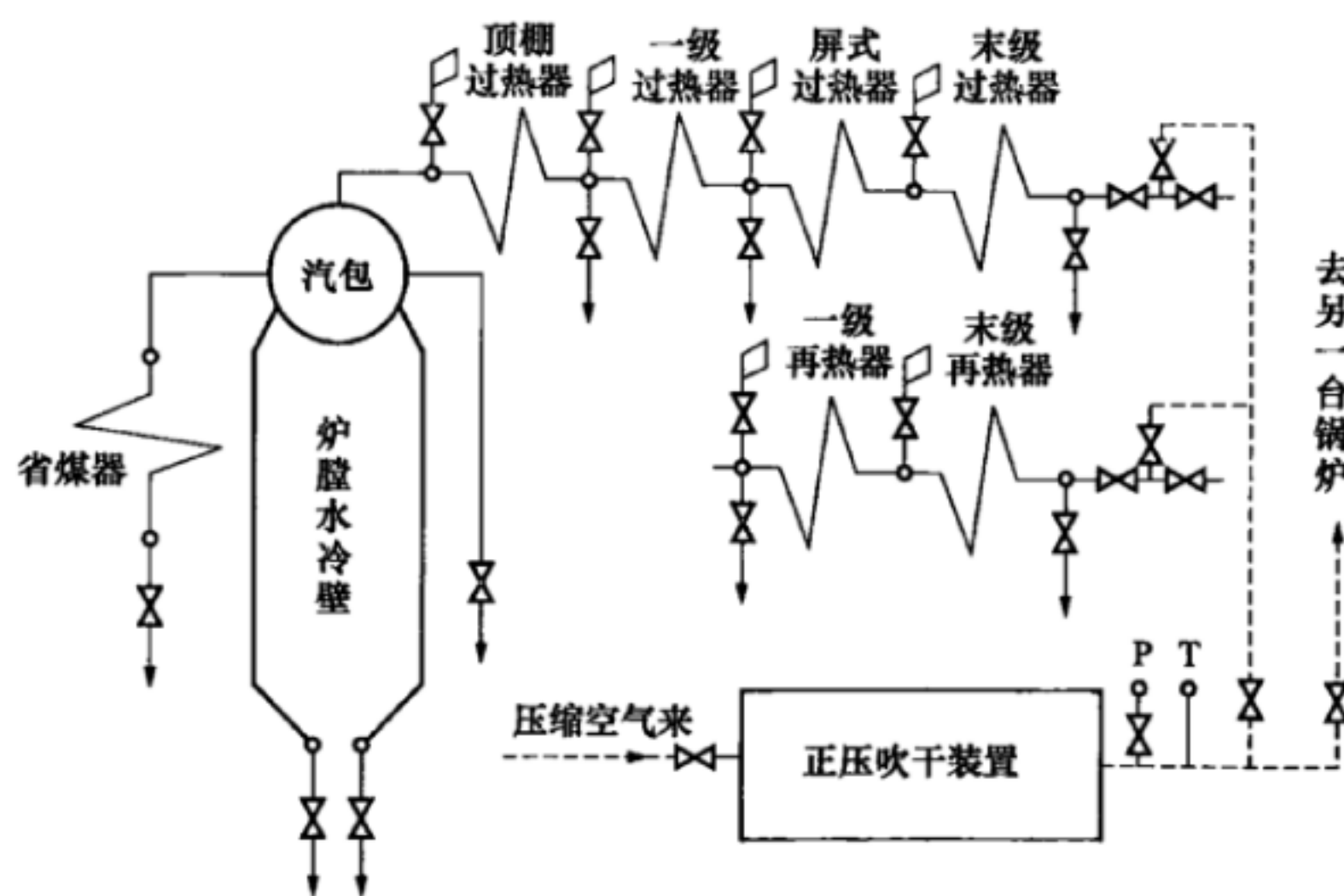


图3 汽包锅炉热风吹干系统示意图

5.4.3 注意事项

- 锅炉受热面排汽和放水过程中，应严格控制管壁温度差不超过制造厂允许值。
- 锅炉过热器、再热器对空排汽压力、温度应尽量高，使垂直布置过热器、再热器下弯头无积

水；排汽、放水、吹干三个步骤应紧密联系，一步完成。

- c) 正压吹干装置的压缩空气气源可以是仪用或杂用压缩空气，压力为 0.3MPa~0.8MPa，流量为 5m³/h~10m³/h。
- d) 定期用相对湿度计监测各排气点的相对湿度。
- e) 多台机组可设计共用一套正压吹干装置，热压缩空气吹入管道应保温。

5.5 气相缓蚀剂法

5.5.1 技术要点

锅炉停运后，迅速放尽锅内存水，利用炉膛余热烘干锅炉受热面。当锅内空气相对湿度小于 90% 时，采用专用设备向锅内充入气化的气相缓蚀剂；气相缓蚀剂浓度达到厂家要求浓度后，停止充气相缓蚀剂，封闭锅炉。

5.5.2 保护方法

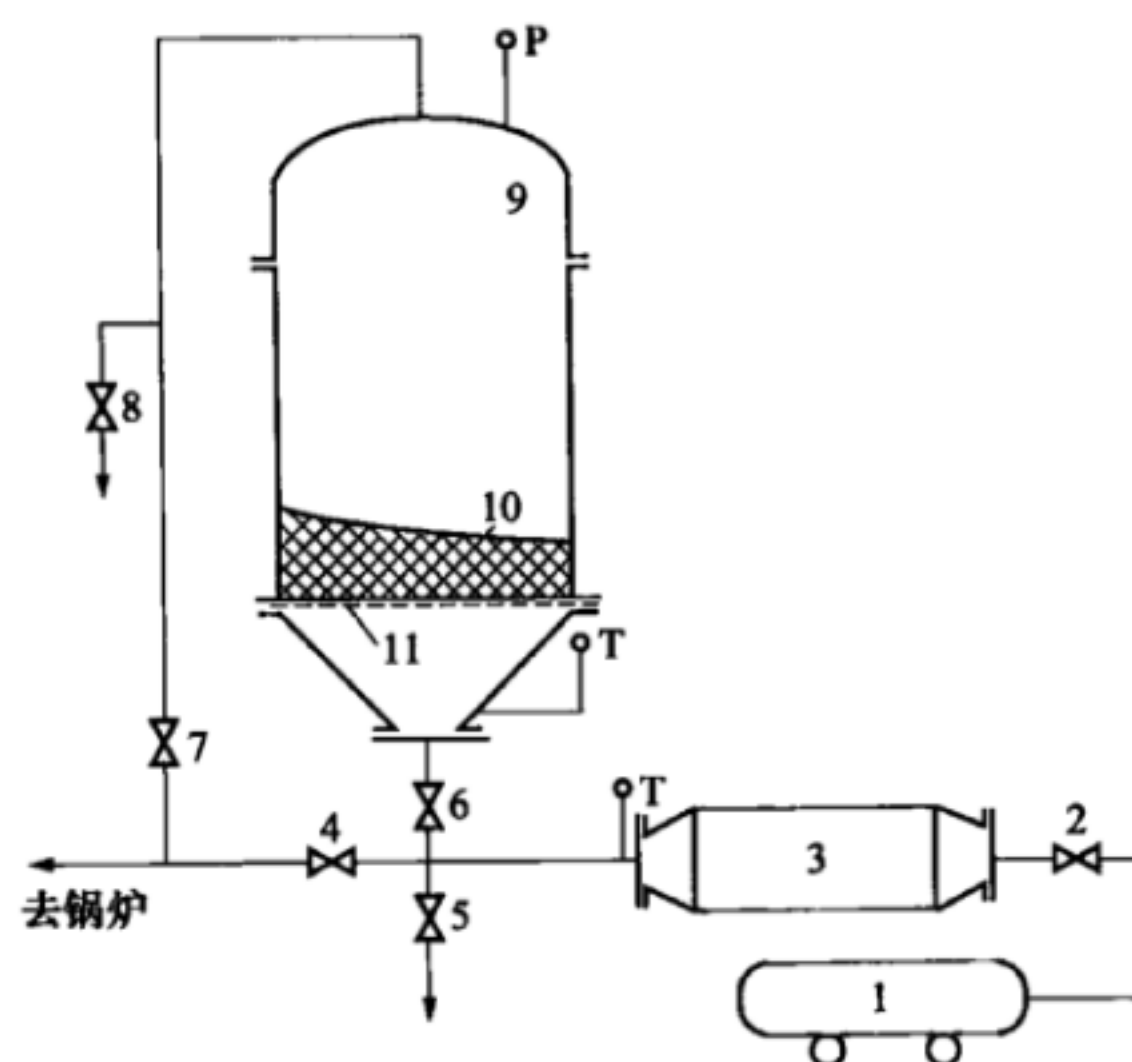
5.5.2.1 锅炉停运后，热炉放水，利用余热烘干锅炉，使锅内空气相对湿度小于 90%。

5.5.2.2 气化了的气相缓蚀剂从锅炉底部的放水管或疏水管充入，使其自下而上逐渐充满锅炉。

5.5.2.3 充入气相缓蚀剂时，可利用凝汽器真空系统或辅助抽气措施对过热器和再热器抽气，并使抽气量和进气量基本一致。

5.5.2.4 气相缓蚀剂气化充气系统见图 4。充入气相缓蚀剂前，先用温度不低于 50℃ 的热风经气化器旁路对充气管路进行暖管，以免气相缓蚀剂遇冷析出，造成堵管。当充气管路温度达到 50℃ 时，停止暖管，并将热风导入气化器，使气相缓蚀剂气化并充入锅炉。

5.5.2.5 当锅内气相缓蚀剂含量达到控制标准时，停止充入气相缓蚀剂，并迅速封闭锅炉。



说明：

- | | |
|---------|-----------|
| 1—空压机； | 7—出气门； |
| 2—调节门； | 8—取样门； |
| 3—电加热器； | 9—气化器； |
| 4—旁路门； | 10—气相缓蚀剂； |
| 5—疏水门； | 11—底部孔板。 |
| 6—进气门； | |

图 4 气相缓蚀剂气化充气系统示意图

5.5.3 注意事项

- a) 锅炉停用保护使用的气相缓蚀剂为碳酸环己胺，对铜部件有腐蚀，应有隔离措施。
- b) 气相缓蚀剂气化时，应有稳定的压缩空气气源，其压力为 0.6MPa~0.8MPa，气量 $\geq 6\text{m}^3/\text{min}$ ，且能连续供气。
- c) 碳酸环己胺气相缓蚀剂含量应大于 $30\text{g}/\text{m}^3$ ，测定方法参见附录 E。
- d) 碳酸环己胺为白色粉末状物质，有氨味。当它与人体直接接触时，人体会有轻微刺激感。使用时，操作人员应注意保护，切勿使其溅入眼内。
- e) 碳酸环己胺为可燃物，不应与明火接触，并做好安全措施。
- f) 实施气相缓蚀剂保护的锅炉，当需要人员进入汽包时，必须首先进行通风换气，生物活性试验无问题方可进行。

5.6 氨、联氨钝化烘干法

5.6.1 技术要点

给水采用 AVT (R) 处理的锅炉，停机前 4h，利用给水、炉水加药系统向给水、炉水中加氨和联氨，提高 pH 值和联氨浓度，在高温下形成保护膜，然后迅速放尽锅内存水，利用炉膛余热烘干锅炉。

5.6.2 保护方法

5.6.2.1 汽包锅炉

- a) 停炉前 6h~8h，炉水停加磷酸盐和氢氧化钠。
- b) 停炉前 4h，有铜给水系统维持凝结水或给水的氨加入量，使省煤器入口给水 pH 值为 9.1~9.3；无铜给水系统提高凝结水或给水的氨加入量，使省煤器入口给水 pH 值为 9.6~10.5。加大给水和凝结水的联氨加入量，使省煤器入口给水联氨浓度为 $0.5\text{mg}/\text{L}\sim 10\text{mg}/\text{L}$ 。
- c) 停炉前 4h，炉水改加浓联氨，使炉水联氨浓度达到 $200\text{mg}/\text{L}\sim 400\text{mg}/\text{L}$ 。停炉过程中，在汽包压力降至 4.0MPa 时保持 2h。然后继续降压，按 5.1.2.2 的规定放尽锅内存水，利用炉膛余热烘干锅炉。

5.6.2.2 直流锅炉

在锅炉停炉冷却至分离器压力为 4.0MPa 时，加大给水和凝结水的氨、联氨加入量：无铜系统给水 pH 值为 9.6~10.5，有铜系统给水 pH 值为 9.1~9.3；除氧器入口给水联氨浓度为 $0.5\text{mg}/\text{L}\sim 10\text{mg}/\text{L}$ ，省煤器入口给水联氨浓度见表 2。然后继续降压，按 5.1.2.2 的规定放尽锅内存水，余热烘干锅炉。

表 2 停炉保护时间与省煤器入口给水联氨浓度关系

保护时间	联氨浓度
小于 1 周	30 mg/L
1 周~4 周	200 mg/L
5 周~10 周	50 mg/L×周数
大于 10 周	500 mg/L

5.6.2.3 其他热力设备

其他热力设备根据检修与否来决定是否进行放水，需要放水时，热态下放水；不需要放水时，充满氨、联氨的除盐水。

5.6.3 注意事项

- a) 停炉保护加药期间每小时测定给水、炉水或分离器排水的 pH 值和联氨浓度。
- b) 在保证金属壁温差不超过制造厂允许值的前提下，尽量提高放水压力和温度。
- c) 当锅炉停用时间长时，宜利用凝汽器抽真空系统对锅炉抽真空，以保证锅炉干燥。
- d) 在加药过程中，宜将凝结水精除盐系统旁路。

5.7 氨水碱化烘干法

5.7.1 技术要点

给水采用加氨处理 (AVT (O)) 和加氧处理 (OT) 的机组，在停机前 4h，停止给水加氧，加大给水中氨的加入量，提高系统 pH 值至 9.6~10.5，然后迅速放尽锅内存水，利用炉膛余热烘干锅炉。

5.7.2 保护方法

5.7.2.1 汽包锅炉停机前 4h，炉水停止加磷酸盐和氢氧化钠。

5.7.2.2 给水采用 AVT (O) 的机组，在停机前 4h，旁路凝结水精除盐设备，加大凝结水泵出口氨的加入量，提高省煤器入口给水的 pH 值至 9.6~10.5，并停机。当凝结水泵出口加氨量不能满足要求时，可启动给水泵入口加氨泵加氨。根据机组停机时间的长短确定停机前的 pH 值，若停机时间长，则 pH 值宜按高限值控制。

5.7.2.3 给水采用 OT 的机组，在停机前 4h，停止给水加氧，旁路凝结水精除盐设备，加大凝结水泵出口氨的加入量，提高省煤器入口给水的 pH 值至 9.6~10.5，并停机。当凝结水泵出口加氨量不能满足要求时，可启动给水泵入口加氨泵加氨。根据机组停机时间的长短确定停机前的 pH 值，停机时间长，则 pH 值按高限值控制。

5.7.2.4 锅炉需要放水时，按 5.1.2.1~5.1.2.2 的规定放尽锅内存水，烘干锅炉。

5.7.2.5 锅炉放水结束后，宜启动凝汽器真空系统，通过一、二级启动旁路对过热器和再热器抽真空 4h~6h。

5.7.2.6 其他热力设备和系统同样在热态下放水。

5.7.2.7 当水汽循环系统和设备不需要放水时，也可充满 pH 值为 9.6~10.5 的除盐水。

5.7.3 注意事项

- a) 停炉保护加药期间应每小时测定给水、炉水和凝结水的 pH 值和电导率。
- b) 在保证金属壁温差不超过锅炉制造厂允许值的前提下，应尽量提高放水压力和温度。

5.8 充氮法

5.8.1 技术要点

充氮保护的原理是隔绝空气。锅炉充氮保护有以下两种方式：

- a) 氮气覆盖法：锅炉停运后不放水，用氮气来覆盖汽空间。锅炉压力降至 0.5MPa 时，开始向锅炉充氮，在锅炉冷却和保护过程中，维持氮气压力为 0.03MPa~0.05MPa。

- b) 氮气密封法：锅炉停运后必须放水，用氮气来密封水汽空间。锅炉压力降至 0.5MPa 时，开始向锅炉充氮排水，在排水和保护过程中，保持氮气压力为 0.01MPa~0.03MPa。

5.8.2 保护方法

5.8.2.1 短期停炉充氮方法

- a) 机组停机前 4h，炉水停止加磷酸盐和氢氧化钠，给水停止加氧，无铜给水系统适当提高凝结水精处理出口加氨量，使给水的 pH 值为 9.4~9.6，有铜给水系统给水维持运行水质。
- b) 锅炉停炉后不换水、维持运行水质，当过热器出口压力降至 0.5MPa 时，关闭锅炉受热面所有疏水门、放水门和空气门，打开锅炉受热面充氮门充入氮气，在锅炉冷却和保护过程中，维持氮气压力为 0.03MPa~0.05MPa。

5.8.2.2 给水采用 AVT (R) 工艺的机组中、长期停炉充氮方法

- a) 停机前 6h~8h，汽包锅炉炉水停止加磷酸盐和氢氧化钠。
- b) 锅炉停运后，维持凝结水泵和给水泵运行，提高凝结水及给水联氨的加药量，使省煤器入口给水联氨含量为 0.5mg/L~10mg/L，无铜给水系统 pH 值至 9.6~10.5，有铜给水系统 pH 值至 9.1~9.3，用给水置换炉水并冷却。
- c) 当锅炉汽包压力降至 4MPa 时，利用炉水磷酸盐加药系统向炉水加入浓联氨，并使炉水联氨浓度达到 5mg/L~10mg/L。
- d) 在锅炉压降至 0.5MPa 时，关闭锅炉受热面所有疏水门、放水门和空气门，打开锅炉受热面充氮门充入氮气，在锅炉冷却和保护过程中，维持氮气压力为 0.03MPa~0.05MPa。

5.8.2.3 给水采用 AVT (O) 或 OT 工艺机组中、长期停炉充氮方法

- a) 停机前 4h，汽包锅炉炉水停止加磷酸盐和氢氧化钠，给水停止加氧，旁路凝结水精除盐设备，加大凝结水泵出口氨的加入量提高省煤器入口给水的 pH 值至 9.6~10.5。当凝结水泵出口加氨量不能满足要求时，可启动给水泵入口加氨泵加氨。
- b) 锅炉停运后，用高 pH 值的给水置换炉水并冷却。
- c) 当锅炉压降至 0.5MPa 时，停止换水，关闭锅炉受热面所有疏水门、放水门和空气门，打开锅炉受热面充氮门充入氮气，在锅炉冷却和保护过程中，维持氮气压力为 0.03MPa~0.05MPa。

5.8.2.4 锅炉停炉需要放水时充氮方法

- a) 停机前 4h，炉水停止加磷酸盐和氢氧化钠，给水停止加氧，旁路凝结水精除盐设备。
- b) 无铜给水系统，停机前 4h，提高凝结水和给水加氨量使省煤器入口给水 pH 在 9.6~10.5；有铜给水系统维持给水正常运行水质。
- c) 锅炉停运后，用给水置换炉水并冷却。
- d) 当锅炉压力降至 0.5MPa 时停止换水，打开锅炉受热面充氮门充入氮气，在保证氮气压力为 0.01MPa~0.03MPa 的前提下，微开放水门或疏水门，用氮气置换炉水和疏水。
- e) 当炉水、疏水排尽后，检测排气氮气纯度，大于 98%后关闭所有疏水门和放水门。
- f) 保护过程中维持氮气压力在 0.01MPa~0.03MPa 的范围内。

5.8.3 监督和注意事项

- a) 使用的氮气纯度以大于 99.5%为宜，最低不应小于 98%。
- b) 充氮保护过程中应定期监测氮气压力、纯度和水质，压力为表压。

- c) 机组应安装专门的充氮系统，配备足够量的氮气。锅炉受热面应设计多个充氮口，充氮管道内径一般不小于 20mm，管材宜采用不锈钢。
- d) 氮气系统减压阀出口压力应调整到 0.5MPa，当锅炉汽压降至此值以下时，氮气便可自动充入。
- e) 氮气不能维持人的生命，所以实施充氮保护需要人员进入热力设备工作时，必须先用空气彻底置换氮气，并用合适的测试设备来分析需要进入的设备内部的大气成分，或生物活性试验无问题，以确保工作人员的生命安全。
- f) 当设备检修完后，应重新进行充氮保护。

5.9 氨和氨-联氨保护液法

5.9.1 技术要点

锅炉停运后，放尽锅炉存水，用 pH 值大于 10.5 的氨溶液或 pH 值为 10.0~10.5、联氨含量为 200 mg/L~300mg/L 的氨-联氨溶液作为防锈蚀保护液充满锅炉。

5.9.2 保护方法

5.9.2.1 锅炉停运后，压力降至锅炉规定放水压力时，开启空气门、排汽门、疏水门和放水门，放尽锅炉内存水。

5.9.2.2 在除氧器、凝汽器或专用疏水箱中配置好氨水或氨-联氨保护液。氨水法是用除盐水加氨调整 pH 值大于 10.5，对应氨含量为 200mg/L~300mg/L 的保护液；氨-联氨法是用除盐水配制联氨含量为 200mg/L~300mg/L，用氨水调整 pH 值至 10.0~10.5 的保护液。

5.9.2.3 用专用保护液输送泵或电动给水泵将保护液先从过热器、再热器疏水管、减温水管或反冲洗管充入过热器、再热器，过热器、再热器空气门见保护液后关闭。由过热器充入的保护液量应是过热器容积的 1.5 倍~2.0 倍。

5.9.2.4 过热器内充满保护液后，再经省煤器放水门、锅炉反冲洗或锅炉正常上水系统，向锅炉水冷系统充保护液，直至充满锅炉，即汽包锅炉汽包水位至最高可见水位，空气门见保护液；直流锅炉分离器水位至最高可见水位，最高处空气门见保护液。

5.9.3 注意事项

- a) 充氨和氨-联氨保护液法适用于锅炉水压试验后长期冷备用和封存，供热机组停止供热无检修或检修后的长期停运。
- b) 充保护液过程中，每 2h 分析联氨浓度和 pH 值一次，保护期间每周分析一次。
- c) 保护期间如发生汽包或分离器水位下降，应及时补充保护液。必要时可向汽包、分离器或过热器、再热器出口充入氮气，并维持氮气压力为 0.03MPa~0.05MPa。
- d) 氨保护液对铜质部件有腐蚀作用，使用时应有隔离铜质部件的措施。
- e) 过热器、再热器充保护液时，应注意与汽轮机的隔离，并考虑蒸汽管道的支吊。
- f) 保护结束后，宜排空保护液，再用合格的给水冲洗锅炉本体、过热器、再热器。
- g) 保护液必须经过处理至符合排放标准后才能排放。

5.10 蒸汽压力法

5.10.1 技术要点

锅炉短时间停运，炉水水质维持运行水质，用炉膛余热、引入邻炉蒸汽加热或锅炉间断点火方式以维持锅炉压力在 0.4MPa~0.6MPa 的范围内，锅炉处于热备状态。

5.10.2 保护方法

5.10.2.1 停炉后，关闭炉膛各挡板、炉门、各放水门和取样门，减少炉膛热量散失。

5.10.2.2 中压汽包锅炉自然降压至 1MPa，高压及其以上汽包锅炉自然降压至 2MPa 时，进行一次锅炉底部排污，排污时间一般为 0.5h~1h，排污时应及时补充给水以维持汽包水位不变。

5.10.2.3 利用炉膛余热、引入邻炉蒸汽加热或锅炉间断点火方式维持锅炉压力在 0.4MPa~0.6MPa 的范围内。

5.10.3 注意事项

- a) 锅炉在热备用期间应始终监督其压力，并使之符合控制标准，见附录 A。
- b) 汽包锅炉应保持汽包正常水位。

5.11 给水压力法

5.11.1 技术要点

锅炉停运后，用符合运行水质要求的给水充满锅炉，并保持一定压力及溢流量，以防止空气漏入。

5.11.2 保护方法

5.11.2.1 汽包锅炉停运后，停止向炉水加磷酸盐和氢氧化钠，保持汽包内最高可见水位，自然降压至给水温度对应的饱和蒸汽压力时，用符合运行水质要求的给水置换炉水。炉水采用磷酸盐处理的锅炉，当炉水的磷酸根小于 1mg/L，水质澄清时，停止换水。

5.11.2.2 直流锅炉停运后，加大精处理出口加氨量提高给水 pH 值至 9.4~9.6。

5.11.2.3 当过热器壁温低于给水温度时，开启锅炉最高点空气门，由过热器减温水管或反冲洗管充入给水，至空气门溢流后关闭空气门。在保持锅炉压力为 0.5MPa~1.0MPa 条件下，使给水从饱和蒸汽取样器处溢流。溢流量控制在 50L/h~200L/h 的范围内。

5.11.3 注意事项

锅炉在防锈蚀保护期间，必须定期对给水品质和锅炉压力进行监督，使其符合控制标准。

5.12 成膜胺法

5.12.1 技术要点

机组滑参数停机过程中，当锅炉压力、温度降至合适条件时，向热力系统加入成膜胺，在热力设备内表面形成一层单分子或多分子的憎水保护膜，以阻止金属腐蚀。

5.12.2 保护方法

5.12.2.1 汽包锅炉保护方法

- a) 单元制机组汽包锅炉保护方法：停炉前 4h，停止向炉水加磷酸盐和氢氧化钠，并停止向给水加联氨。在机组滑参数停机过程中，主蒸汽温度降至 500℃ 以下时，利用锅炉磷酸盐加药泵、给水加药泵或专门的加药泵向热力系统加入成膜胺。锅炉停运后，按 5.1.2.1~5.1.2.2 的规定放尽锅内存水。
- b) 母管制机组汽包锅炉保护方法：停炉前 4h，停止向炉水加磷酸盐和氢氧化钠，并停止向给水加联氨。停炉后，汽包压力降至 2MPa~3MPa 时，降低汽包水位至最低允许水位后，再小流量补

水，并从省煤器入口处加入成膜胺，加药、补水和锅炉底部放水同步进行。加药完毕后开大过热器对空排汽门，让成膜胺充满过热器。锅炉停运后，按 5.1.2.1~5.1.2.2 的规定放尽锅内存水。

5.12.2.2 直流锅炉保护方法

直流锅炉停炉前，停止向给水加联氨，调节给水加氨量使省煤器入口给水 pH 值为 9.2~9.6。机组滑参数停机过程中，主蒸汽温度降至 500℃ 以下时，利用给水加药泵或专门的加药泵向热力系统加入成膜胺。锅炉停运后，按 5.1.2.1~5.1.2.2 的规定放尽锅内存水。

5.12.3 注意事项

- a) 给水采用加氧处理的机组不应使用成膜胺。
- b) 确定使用成膜胺前，应充分考虑成膜胺及其分解产物对机组运行水汽品质、精处理树脂可能造成的影响。
- c) 有凝结水精除盐的机组，开始加成膜胺前，凝结水精除盐设备应退出运行；实施成膜胺保护后，机组启动时，只有确认凝结水不含成膜胺后，方可投运凝结水精除盐设备。
- d) 实施成膜胺保护前，应将一些不必要的化学仪表，如溶解氧表、硅表、钠表、联氨表和磷酸根表隔离。
- e) 实施成膜胺保护过程中，每 30min 监测一次水汽的 pH 值、电导率和氢电导率，每 1h 测定一次水汽中的铁含量。
- f) 实施成膜胺保护过程中，应保证炉水或分离器出水 pH 值大于 9.0，如果预计成膜胺会造成 pH 值降低时，汽包锅炉应提前向炉水加入适量的氢氧化钠，直流锅炉应提前加大给水加氨量，提高 pH 值至 9.2~9.6。
- g) 实施成膜胺保护时，停机和启动过程中给水、炉水、蒸汽的氢电导率会出现异常升高现象。
- h) 实施成膜胺保护时，停机和启动过程中热力系统含铁量有时会升高，可能会发生热力系统取样和仪表管堵塞现象。
- i) 成膜胺加完后，加药箱应立即用除盐水冲洗，并继续运行加药泵 30min~60min，充分冲洗加药管道。
- j) 热力系统使用成膜胺保护后，应确认凝结水不含成膜胺，才能作为发电机冷却水的补充水。
- k) 使用成膜胺保护后，应放空凝汽器热井；在汽轮机冲转后，应加强凝结水的排放。
- l) 在使用成膜胺过程中，如果出现异常停机，应立即停止加药，并充分冲洗系统。
- m) 成膜胺加药后，应保持足够的给水流量和循环时间，以防止成膜胺在局部发生沉积。

5.13 表面活性胺法

5.13.1 技术要点

机组滑参数停机过程中，向水汽系统中加入表面活性胺，提高水汽系统两相区的液相的 pH 值，并促进水汽系统金属设备表面形成具有防腐效果的保护膜，以阻止金属腐蚀。

5.13.2 保护方法

5.13.2.1 停炉前 4h，炉水停止加磷酸盐和氢氧化钠，给水停止加氧，加大凝结水泵出口氨的加入量，使给水 pH 值大于 9.5。

5.13.2.2 在机组滑参数停机过程中，主蒸汽温度降至 500℃ 以下时，利用凝结水、给水加药装置将表面活性胺加入给水中。

5.13.2.3 按药剂供应厂家的要求控制加药剂量和加药时间，确保表面活性胺在水汽系统均匀分布，并

有充分时间在设备表面形成保护膜。

5.13.2.4 针对直接空冷凝汽器的保护，可利用系统负压，通过排汽管道上的压力测量点，将表面活性胺溶液加热到 80℃ 后，吸入到空冷系统，以提高对直接空冷凝汽器的保护效果。

5.13.2.5 锅炉停运后，如果需要放水，则按 5.1.2.1~5.1.2.2 的规定放尽锅内存水，并利用凝汽器抽真空系统对再热器、过热器抽真空 4h~6h。

5.13.2.6 热力设备不需要放水时，可充满保护液。

5.13.3 注意事项

- a) 表面活性胺为一种复合有机胺，在汽液两相中能均匀分配，并能促进金属表面形成保护膜，本身及其热分解产物不会被凝结水精处理树脂不可逆吸附或交换。
- b) 表面活性胺加药保护过程中，在线化学仪表的电导率表、氢电导率表和 pH 表应正常投运，其他在线仪表可停运，凝结水精除盐旁路。
- c) 加药成膜保护过程中，应保持有足够的给水流量和循环时间，以确保保护剂在系统中均匀分布。
- d) 在加药操作过程中，如果出现异常停机，应立即停止加药，并充分冲洗加药系统。
- e) 加药完成后，立即用除盐水冲洗正式加药系统加药箱，并继续运行加药泵 10min~30min，充分冲洗加药管道。
- f) 实施表面活性胺保护后，机组启动冲洗过程中，凝结水精除盐设备、在线化学仪表应正常投运。

6 停（备）用汽轮机的防锈蚀方法

6.1 机组停用时间在一周之内的保护方法

6.1.1 能维持凝汽器真空的保护措施

机组停用时，维持凝汽器汽侧真空度，提供汽轮机轴封蒸汽，防止空气进入汽轮机。

6.1.2 不能维持凝汽器真空的保护措施

- 6.1.2.1 隔绝一切可能进入汽轮机内部的汽、水系统并开启汽轮机本体疏水阀。
- 6.1.2.2 隔绝与公用系统连接的有关汽、水阀门，并放尽其内部剩余的水、汽。
- 6.1.2.3 主蒸汽管道、再热蒸汽管道、抽汽管道、旁路系统靠汽轮机侧的所有疏水阀门均应打开。
- 6.1.2.4 放尽凝汽器热井内部的积水。
- 6.1.2.5 高、低压加热器汽侧和除氧器汽侧宜进行充氮，也可放尽高、低压加热器汽侧疏水进行保护。
- 6.1.2.6 高、低压加热器和除氧器水侧充满符合运行水质要求的给水。
- 6.1.2.7 打开汽动给水泵、汽动引风机的给水泵汽轮机的有关疏水阀门。
- 6.1.2.8 监视汽轮机房污水排放系统是否正常，防止凝汽器阀门坑满水。
- 6.1.2.9 汽轮机停机期间应按汽轮机停机规程要求盘车，保证其上、下缸，内、外缸的温差不超标。
- 6.1.2.10 冬季机组停运，应有可靠的防冻措施。

6.2 机组停用时间超过一周的保护方法

6.2.1 汽轮机快冷装置保护法

6.2.1.1 技术要点

汽轮机停运后，启动汽轮机快冷装置，向汽缸通热压缩空气，在汽缸降温的同时，干燥汽缸。

6.2.1.2 保护方法

6.2.1.2.1 汽轮机停止进汽后，加强汽轮机本体疏水，当汽缸温度降低至允许通热风时，启动汽轮机快冷装置，加快汽缸冷却，并保持汽缸干燥。

6.2.1.2.2 汽轮机高、中、低压缸可按表 3 所示注入点向汽缸充入一定量的压缩空气。

6.2.1.2.3 注入汽缸内的压缩空气经过轴封装置，高、中缸调节阀的疏水管，汽轮机本体疏水管，以及凝汽器汽侧人孔和放水门排出。

表 3 汽轮机停（备）用压缩空气保护充气点和参考流量

部位	充气点	压缩空气参考流量 (m ³ /h)
高压缸	放气管	70
中压缸	抽汽管	70
低压缸	抽汽管	260

6.2.1.3 注意事项

- 保护期间定期用相对湿度计测定汽轮机排出空气的相对湿度，应小于 50%。
- 所使用的压缩空气应是仪用压缩空气，或杂质含量小于 1mg/m³、含油量小于 2mg/m³、相对湿度小于 30%的压缩空气。
- 汽轮机压缩空气充入点应装有滤网。

6.2.2 热风干燥法

6.2.2.1 技术要点

停机后，放尽与汽轮机本体连通管道内的余汽、存水。当汽缸温度降至一定值后，向汽缸内送入热风，使汽缸内保持干燥。

6.2.2.2 保护方法

6.2.2.2.1 停机后，按规程规定，关闭与汽轮机本体有关的汽水管道上的阀门。阀门不严时，应加装堵板，防止汽水进入汽轮机。

6.2.2.2.2 开启各抽汽管道、疏水管道和进气管道上的疏水门，放尽余汽或疏水。

6.2.2.2.3 放尽凝汽器热水井内和凝结水泵入口管道内的存水。

6.2.2.2.4 当汽缸壁温度降至 80℃ 以下时，从汽缸顶部的导汽管或低压缸的抽汽管，向汽缸送温度为 50℃~80℃ 的热风。

6.2.2.2.5 热风流经汽缸内各部件表面后，从轴封、真空破坏门、凝汽器人孔门等处排出。

6.2.2.2.6 当排出热风换算为室温时的相对湿度低于 60%，若停止送入热风，则应在汽缸内放入干燥剂，并封闭汽轮机本体。如不放干燥剂，应保持排气处空气的温度高于周围环境温度 5℃。

6.2.2.3 注意事项

- 在干燥过程中，应定期用湿度计测定从汽缸排出气体的相对湿度，并通过调整送入热风风量和温度来控制由汽缸排出空气的相对湿度，使之尽快符合控制标准，见附录 A。
- 汽缸内风压宜小于 0.04MPa。

6.2.3 干风干燥法

6.2.3.1 技术要点

停机后，放尽汽轮机本体及相关管道、设备内的余汽和积水。当汽缸温度降至一定值后，向汽缸内送入干风，使汽缸内保持干燥。

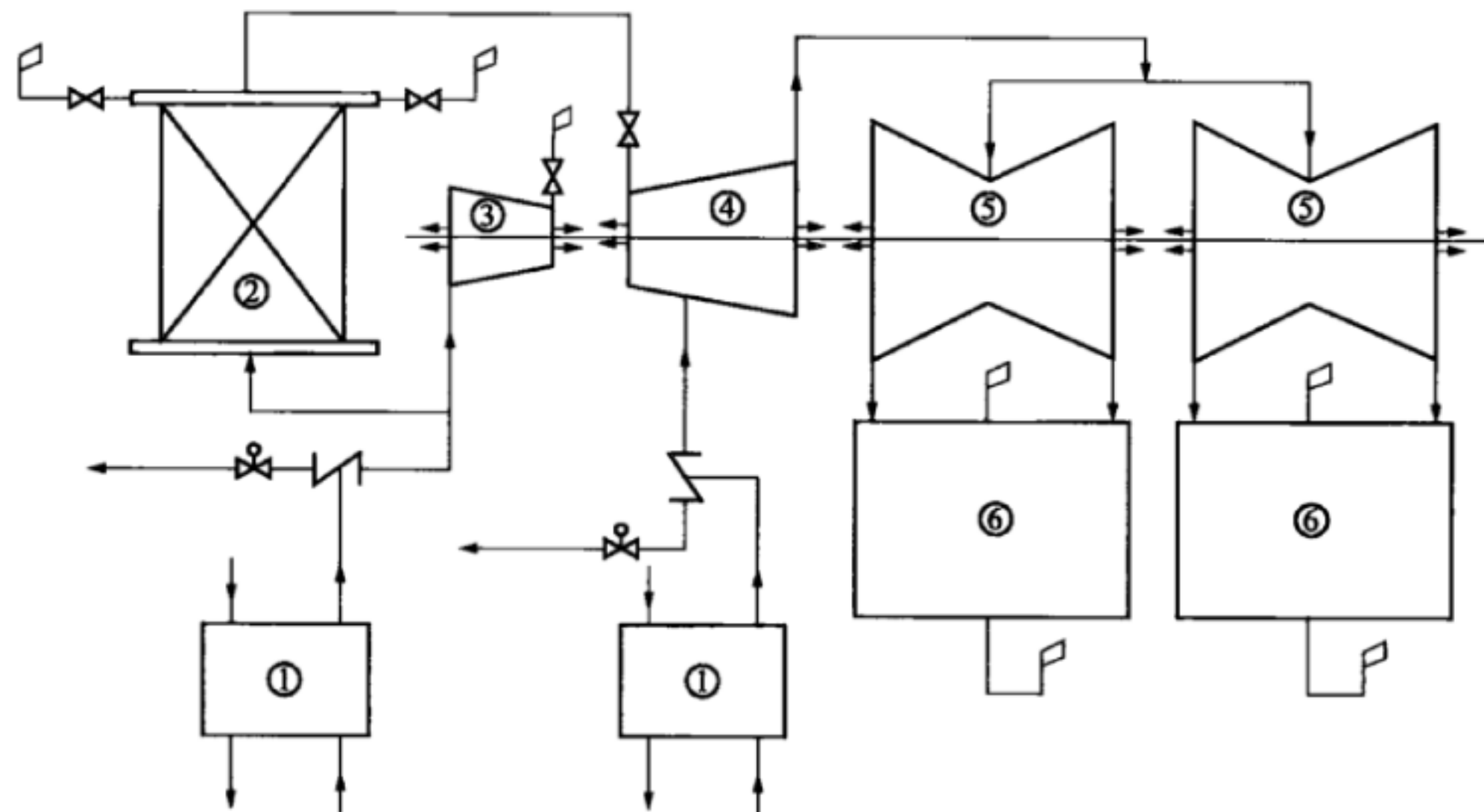
6.2.3.2 保护方法

6.2.3.2.1 停机后，按规程规定，关闭与汽轮机本体有关的汽水管道上的阀门。阀门不严时，应加装堵板，防止汽水进入汽轮机。

6.2.3.2.2 开启各抽汽管道、疏水管道和进汽管道上的疏水门，放尽余汽或疏水。

6.2.3.2.3 放尽凝汽器热水井内和凝结水泵入口管道内的存水。

6.2.3.2.4 当汽缸壁温度降至 100℃ 以下时，参考图 2 或图 5 的方式向汽缸通干风，当设备排出口空气的相对湿度在 30%~50% 时即为合格。



说明：

- | | |
|--------|--------|
| 1—除湿机； | 4—中压缸； |
| 2—再热器； | 5—低压缸； |
| 3—高压缸； | 6—凝汽器。 |

图 5 汽轮机、再热器、凝汽器干风保护参考流程示意图

6.2.3.3 注意事项

- 在干燥和保护过程中，应定期用湿度计测定排气的相对湿度，当相对湿度超过 50% 时启动除湿机。
- 根据每 1h 置换汽缸内空气 5 次~10 次的要求选择除湿机的容量，除湿机所提供的风压应为 150Pa~500 Pa。
- 汽轮机除湿系统可设计成开路或循环方式。
- 为了简化临时系统，可以选择多台除湿机。
- 每台机组预留专用干风接口，除湿机为多台机组公用。

f) 除湿机运行期间，汽轮机宜定期盘车。

6.2.4 干燥剂去湿法

6.2.4.1 技术要点

停运后的汽轮机，经热风干燥法干燥至汽轮机排气相对湿度达到控制标准后，停送热风。然后向汽缸内放置干燥剂，封闭汽轮机，使汽缸内保持干燥状态。该法适用于小型汽轮机的长期停机保护。

6.2.4.2 保护方法

6.2.4.2.1 按 6.2.2.2 的规定先对汽轮机进行热风干燥，当汽轮机的排气换算到室温相对湿度达到 60% 时，停送热风。

6.2.4.2.2 将用纱布袋包装好的变色硅胶按 $2\text{kg}/\text{m}^3$ 计算需用数量，从排汽安全门稳妥地放入凝汽器的上部后，封闭汽轮机。

6.2.4.3 注意事项

- a) 本法适用于周围环境相对湿度不高于 60%，汽缸内无积水的汽轮机的防锈蚀保护。
- b) 应定期检查硅胶的吸湿情况，发现硅胶变色要及时更换。
- c) 要记录放入汽缸内硅胶的袋数，解除防锈保护时，必须如数将硅胶取出。

6.2.5 氨水碱化烘干法

汽轮机停用的氨水碱化烘干保护与锅炉停用的氨水碱化烘干保护同时进行。在汽轮机打闸，汽轮机系统及本体的疏水结束后，继续利用凝汽器真空系统对汽轮机中、低压缸抽真空 4h~6h。

6.2.6 成膜胺及表面活性胺保护法

汽轮机停用的成膜胺、表面活性胺保护与锅炉停用的成膜胺、表面活性胺保护同时进行。

7 停（备）用高压加热器的防锈蚀方法

7.1 充氮法

7.1.1 技术要点

高压加热器停运后，当水侧或汽侧压力降至 0.5MPa 时开始进行充氮。保护过程中维持氮气压力为 0.03MPa~0.05MPa，阻止空气进入。

7.1.2 保护方法

7.1.2.1 水侧充氮

停机后，关闭高压加热器的进水门和出水门。开启水侧空气门泄压至 0.5MPa 后，开始充氮。当需要放水时，微开底部放水门，缓慢排尽存水后，关闭放水门，放水及保护过程中维持氮气压力为 0.01MPa~0.03MPa；当不需要放水时，维持氮气压力为 0.03 MPa~0.05MPa。

7.1.2.2 汽侧充氮

停机后，关闭高压加热器汽侧进汽门和疏水门，待汽侧压力降至 0.5MPa 时，开始充氮气。需要放

水时，微开底部放水门，缓慢排尽存水后关闭放水门，放水及保护过程中维持氮气压力为 0.01MPa~0.03MPa；当不需要放水时，维持氮气压力为 0.03 MPa~0.05MPa。

7.1.3 监督和注意事项

- a) 使用的氮气纯度以大于 99.5%为宜，最低不应小于 98%。
- b) 充氮保护过程中应定期监测氮气压力、纯度和水质，压力为表压。
- c) 应安装专门的充氮系统，配备足够量的氮气。
- d) 氮气不能维持人的生命，所以实施充氮保护需要人员进入高压加热器工作时，必须先用空气彻底置换氮气，并用合适的测试设备来分析需要进入的高压加热器内部的大气成分，生物活性试验无问题，以确保工作人员的生命安全。
- e) 当设备检修完后，重新进行充氮保护。

7.2 提高给水 pH 值法

加氨或加氧处理的机组，机组停运前 4h，加大凝结水精处理出口加氨量，提高给水 pH 值至 9.6~10.5；停机后不放水，宜向汽侧和水侧充氮密封。

7.3 氨水和氨-联氨法

7.3.1 技术要点

停机后，放去水侧、汽侧存水，用氨水或氨-联氨保护液充满高压加热器的水侧、汽侧。

7.3.2 保护方法

7.3.2.1 停机后，汽侧压力降至零，水侧温度降至 100℃时，开启水侧、汽侧放水门和空气门，放尽水侧存水、汽侧疏水。

7.3.2.2 用加药泵将 pH 值大于 10.5 的氨水保护液或联氨含量为 30 mg/L~500mg/L、加氨调整 pH 值至 10.0~10.5 的保护液，从水侧底部、汽侧放水门充入高压加热器的水侧和汽侧，至水侧管系顶部、汽侧顶部空气门有保护液溢流时，关闭空气门和放水门，停止加药。为防止空气漏入，高压加热器水侧、汽侧顶部应采用水封或氮气封闭措施。

7.3.3 注意事项

- a) 充保护液过程中，每 2h 分析联氨浓度和 pH 值一次，保护期间每周分析一次。
- b) 保护期间如发生高压加热器水位下降，应及时补充保护液。可向汽侧或水侧充入氮气，维持氮气压力 0.03MPa~0.05MPa。
- c) 汽侧充保护液时，应打开各个加热器汽侧空气门，并有防止保护液经过抽汽系统进入汽轮机本体的防范措施。
- d) 保护结束后，先将保护液排空，再用合格的给水冲洗高压加热器汽侧和水侧。
- e) 高压加热器汽侧采用充氨和氨-联氨保护液防锈蚀保护时，宜设置一套专用设备系统。

7.4 干风干燥法

高压加热器停用的干风干燥保护与汽轮机停用的干风干燥保护同时进行。

7.5 成膜胺与表面活性胺保护法

高压加热器停用的成膜胺、表面活性胺保护与锅炉停用的成膜胺、表面活性胺保护同时进行。

8 停（备）用低压加热器的防锈蚀方法

8.1 碳钢和不锈钢材质低压加热器的防锈蚀方法

碳钢和不锈钢材质低压加热器停（备）用时，其保护方法可参见高压加热器的保护方法。当低压加热器汽侧与汽轮机、凝汽器无法隔离时，无法充氮或充保护液，其保护应纳入汽轮机保护系统中。

8.2 铜合金低压加热器的防锈蚀方法

8.2.1 铜合金材质低压加热器停（备）用时，水侧应保持还原性环境。

8.2.2 湿法保护时，将联氨含量为 5mg/L~10mg/L、加氨调整 pH 值至 8.8~9.3 的溶液充满低压加热器，同时辅以充氮密封，保持氮气压力为 0.03MPa~0.05MPa。

8.2.3 干法保护时，可参考汽轮机干风干燥法，保持低压加热器水、汽侧处于干燥状态；也可以用氮气或压缩空气吹干法保护。

8.2.4 低压加热器停用的成膜胺、表面活性胺保护与锅炉停用的成膜胺、表面活性胺保护同时进行。

9 停（备）用热网加热器及热网首站循环水系统的防锈蚀方法

9.1 热网加热器汽侧

9.1.1 热网加热器停止供汽前 4h，提高凝结水出口加氨量，提高给水的 pH 值至 9.5~9.6。

9.1.2 停止供汽后，关闭加热器汽侧进汽门和疏水门，待汽侧压力降至 0.3MPa~0.5MPa 时，开始充入氮气。

9.1.3 需要放水时，微开底部放水门，缓慢排尽存水后，关闭放水门，放水及保护过程中维持氮气压力为 0.01MPa~0.03MPa。

9.1.4 当不需要放水时，维持氮气压力为 0.03 MPa~0.05MPa。

9.1.5 当热网加热器汽侧系统需要检修时，先放水，检修完毕后，再实施充氮保护。氮气应从顶部充入、底部排出，待排气氮气的纯度大于 98%时，关闭排气门，并维持设备内部氮气压力为 0.01~0.03MPa。

9.1.6 热网加热器汽侧充氮保护注意事项同高压加热器充氮保护注意事项。

9.2 热网加热器水侧和热网首站循环水系统

9.2.1 当热网首站循环水补水主要是反渗透产水或软化水时，热网加热器水侧及循环水系统宜采用加氢氧化钠、磷酸三钠或专用缓蚀剂的方法进行停用保护。停止供热前 24h~48h，向热网首站循环水加氢氧化钠、磷酸三钠或缓蚀剂。当加氢氧化钠或磷酸三钠时，pH 值宜大于 10.0。缓蚀剂的加入量及检测方法由供应厂家确定。

9.2.2 当热网首站循环水补水以生水或自来水为主时，热网加热器水侧及循环水系统宜采用加专用缓蚀剂的方法进行停用保护。停止供热前 24h~48h，向热网首站循环水加专用缓蚀剂。缓蚀剂的加入量及检测方法由供应厂家确定。

9.2.3 热网加热器水侧不需放水时，宜充满加碱调整 pH 值或加缓蚀剂的循环水，并辅以充氮密封。热网加热器水侧需要放水检修时，在检修结束后，有充水条件时，水侧宜充满加氢氧化钠、磷酸三钠调整 pH 值大于 10.0 的反渗透或软化水，并辅以充氮密封；无充水条件时，宜实施充氮保护，氮气应从顶部充入、底部排出，待排气氮气的纯度大于 98%时，关闭排气门，并维持设备内部氮气压力为 0.01 MPa~0.03MPa。

10 停（备）用除氧器的防锈蚀方法

10.1 机组停运时间在一周之内

当机组停运时间在一周之内，并且除氧器不需要放水时，除氧器宜采用热备用，向除氧器水箱通辅助蒸汽，定期启动除氧器循环泵，维持除氧器水温高于 105℃。

对短期停运，并且需要放水的除氧器，可在停运放水前，适当加大凝结水加氨量，提高除氧器水的 pH 值至 9.5~9.6。

10.2 机组停用时间在一周以上

当机组停用时间在一周以上时，可用下列方法保护：

- a) 充氮保护；
- b) 水箱充保护液，充氮密封；
- c) 通干风干燥；
- d) 提高凝结水加氨量，提高除氧器入口水 pH 值至 9.6~10.5；
- e) 采用表面活性胺或成膜胺法进行保护。

11 停（备）用凝汽器的防锈蚀方法

11.1 凝汽器汽侧

11.1.1 表面式凝汽器

- a) 一周之内短期停用时，应保持真空。不能保持真空时，应放尽热井积水。
- b) 长期停用时，应放尽热井积水，隔离可能的疏水，并清理热井及底部腐蚀产物和杂物，然后用压缩空气吹干，或将其纳入汽轮机干风保护系统之中。

11.1.2 直接空冷系统及凝汽器

- a) 停机前 4h，加大凝结水泵出口加氨量，提高水汽系统 pH 值至 9.6~10.5，或在中、低压缸联络管、排汽管中加表面活性胺，停机后放尽空冷凝汽器内部凝结水。
- b) 机组采用成膜胺或活性胺法保护时，将直接空冷系统及空冷凝汽器纳入保护系统之中。
- c) 长期停用时，可采用干风法进行保护。

11.2 凝汽器循环水侧

11.2.1 开式循环冷却或直流冷却系统

11.2.1.1 停用三天以内

凝汽器循环水侧宜保持运行状态，当水室有检修工作时可将凝汽器排空，并打开人孔，保持自然通风状态。

11.2.1.2 停用三天以上

宜将凝汽器排空，清理附着物，并保持通风干燥状态。

11.2.1.3 注意事项

- a) 在循环水泵停运之前，应投运凝汽器胶球清洗装置，清洗凝汽器管。
- b) 在夏季循环水泵停运前 8h，应进行一次杀菌灭藻处理。

11.2.2 闭式循环冷却的间接空冷系统

- a) 采用碳钢散热器间接空冷系统。不需要放水时，充满运行时加氨调整 pH 值至大于 10.0 的除盐水；需要放水且将水放至地下储水箱，长期备用无检修时，散热器宜采用充氮放水。
- b) 采用铝散热器间接空冷系统。不需要放水时，充满运行时微碱性的除盐水；需要放水时，将水放至地下储水箱。

12 停（备）用闭式冷却器、轴冷器、冷油器和发电机内冷水系统的防锈蚀方法

12.1 机组短期停运时，维持运行状态。

12.2 与循环水接触的换热器停用的防锈蚀方法参见凝汽器水侧停用的防锈蚀方法。

12.3 充除盐水闭式冷却器停运时可充满运行时相同 pH 值的除盐水；需要放水时放水，自然通风吹干，有条件时宜用仪用压缩空气吹干。

12.4 发电机内冷水系统长期停用时，应放尽内部存水后，采用仪用压缩空气吹干、干风干燥、充氮等方法进行保护。

13 停（备）用锅炉烟气侧的防锈蚀方法

13.1 燃煤锅炉停运前，应对所有受热面进行一次全面彻底的吹灰。

13.2 锅炉停运冷却后，应及时对炉膛进行吹扫、通风，以排除残余的烟气。

13.3 锅炉长期停（备）用时，应将烟道内受热面的积灰清除，防止在受热面堆积的积灰因吸收空气中的水分而产生酸性腐蚀。积灰清除后，应采取措施保持受热面金属的温度在露点温度以上。

13.4 海滨电厂和联合循环余热锅炉长期停（备）用时，可安装干风系统对炉膛进行干燥，干风装置容量以每小时置换炉膛内空气 1 次~3 次为宜。

附录 A
(规范性附录)
各种防锈蚀方法的监督项目和控制标准

各种防锈蚀方法的监督项目和控制标准见表 A.1。

表 A.1 各种防锈蚀方法的监督项目和控制标准

防锈蚀方法	监督项目	控制标准	监测方法或仪器	取样部位	其他
热炉放水余热烘干法	相对湿度	<60%或不大于环境相对湿度	相对湿度计, 参见附录 C	空气门、疏水门、放水门	烘干过程每 1h 测定 1 次, 停用期间每周 1 次
	相对湿度				
	相对湿度				
邻炉热风烘干法	相对湿度	<50%	相对湿度计, 参见附录 C	排气门	干燥过程每 1h 测定 1 次, 停用期间每周 48h 测定一次
干风干燥法	相对湿度	不大于环境相对湿度	相对湿度计, 参见附录 C	排气门	干燥过程每 1h 测定 1 次, 停用期间每周 1 次
热风吹干法	相对湿度	不大于环境相对湿度	相对湿度计, 参见附录 C	排气门	干燥过程每 1h 测定 1 次, 停用期间每周 1 次
气相缓蚀剂法	缓蚀剂浓度	>30g/m ³	参见附录 E	空气门、疏水门、放水门、取样门	充气过程每 1h 测定 1 次, 停用期间每周 1 次
氨、联氨钝化烘干法	pH 值、联氨		GB/T 6904、GB/T 6906	水、汽取样装置	停炉期间每 1h 测定 1 次
	pH 值		GB/T 6904	水、汽取样装置	停炉期间每 1h 测定 1 次
充氮覆盖法	压力、氮气纯度	0.03MPa~0.05MPa; >98%	气相色谱仪或氧量仪	空气门、疏水门、放水门、取样门	充氮过程中每 1h 记录 1 次氮压, 充氮结束测定排气氮气纯度, 停用期间每班记录 1 次
	压力、氮气纯度	0.01MPa~0.03MPa; >98%			
充氮密封法	氨含量	500mg/L~700mg/L, pH ≥ 10.5	GB/T 12146	水、汽取样装置	充氮液时每 2h 测定 1 次, 保护期间每周分析 1 次
	pH 值、联氨含量	pH 值为 10.0~10.5; 联氨 ≥ 50 mg/L	GB/T 6904、GB/T 6906、GB/T 6904; 成膜胺含量测定方法由供应商提供	水、汽取样装置	充氮-联氨溶液时每 2h 测定 1 次, 保护期间每周分析 1 次
成膜胺法	pH 值、成膜胺含量	pH 值为 9.0~9.6; 成膜胺使用量由供应商提供	压力表	水、汽取样装置	停机过程测定
蒸汽压力法	压力	>0.5MPa	压力表	锅炉出口	每班记录 1 次
给水压力法	压力、pH 值、溶解氧、氢电导率	压力为 0.5MPa~1.0 MPa; 满足运行 pH 值、溶解氧、氢电导率要求	压力表、GB/T 6904、GB/T 6906	水、汽取样装置	每班记录 1 次压力, 分析 1 次 pH 值、溶解氧、氢电导率

附录 B
(资料性附录)

碳钢在大气中的腐蚀速率与相对湿度关系

图 B.1 是碳钢在大气中的腐蚀速率与空气相对湿度的关系。该图表明，当空气相对湿度高于临界值 60% 时，碳钢的腐蚀速率急剧增大，高相对湿度下（60%~100%）碳钢的腐蚀速率是低相对湿度（30%~55%）下的 100 倍~1000 倍。因此只要在机组停（备）用期间维持热力设备内相对湿度小于临界值，就能有效保护热力设备。

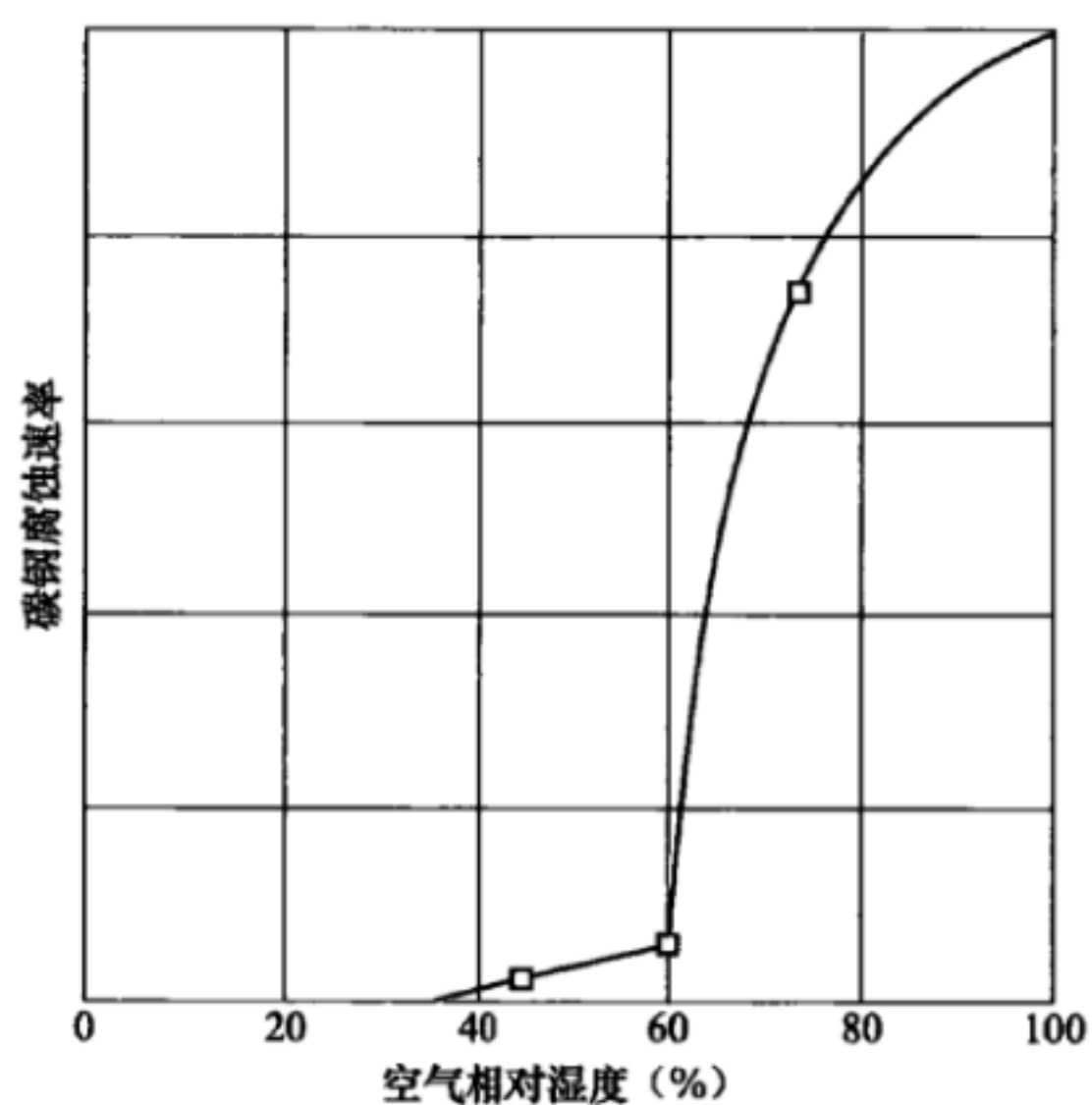
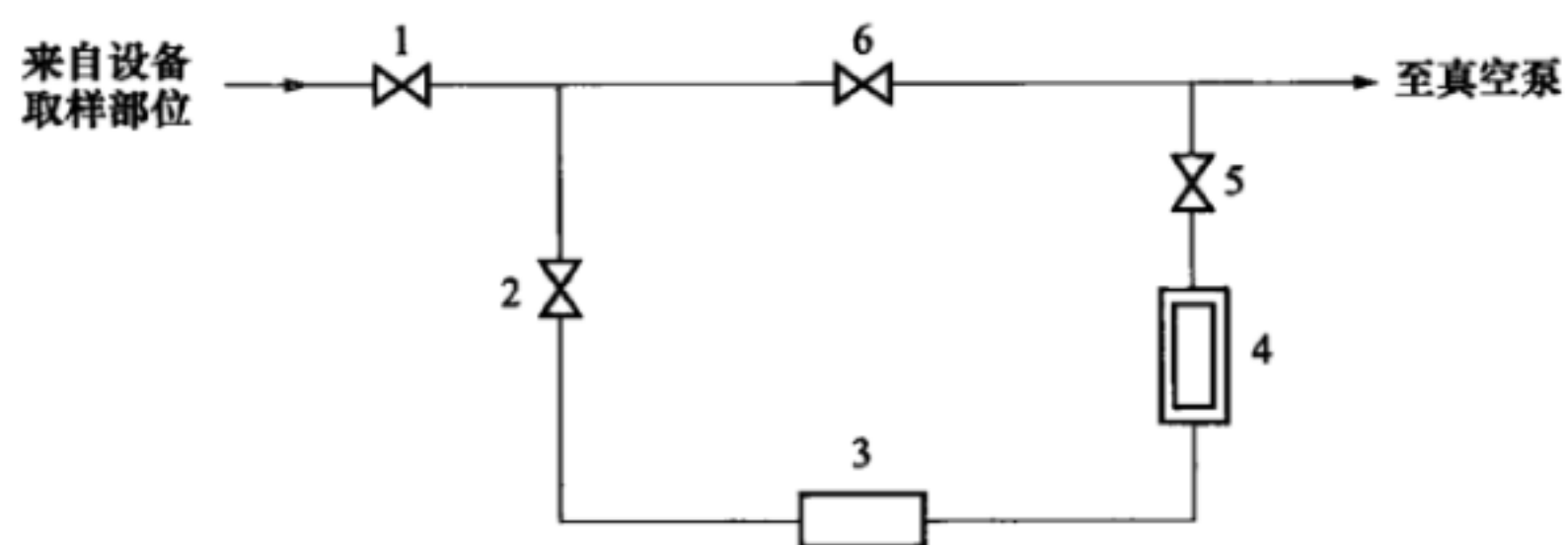


图 B.1 碳钢腐蚀速率与空气相对湿度的关系

附录 C (资料性附录)

气体湿度的测定方法(相对湿度计法)

用专用真空泵,参照图 C.1 并按附录 A 所规定的取样部位,从锅炉、汽轮机等热力设备内抽取气体。在抽取热力设备内的空气样品时,按图 C.1 所示的气体湿度测定系统,先流经旁路,以置换掉抽气管路内原存空气。经 3min~5min 后,微开测量管路的进气门和出气门,并调整阀门开度,使抽出气体流经测量瓶的流量控制在 2L/min~3L/min 的范围内。待湿度计稳定后,记录相对湿度。此外,可采用便携湿度计在出气口直接测量。



说明:

1—截止门;

2—进气门;

3—湿度计;

4—气体流量计;

5—出气门;

6—旁路门。

图 C.1 气体湿度测定系统示意图

附录 D
(资料性附录)
转轮除湿机工作原理

转轮除湿机主要由蜂窝除湿转轮、干空气风机、处理空气入口过滤器、再生空气风机、再生空气入口过滤器、再生空气加热器、转轮驱动电动机和控制系统组成，见图 D.1。蜂窝除湿转轮以缓慢的速度（约 10min 一圈）转动，待处理的湿空气通过转轮，湿分被吸附，产生干燥空气；加热到一定温度的再生空气通过除湿转轮，将转轮湿分带出，从而使除湿机连续工作。

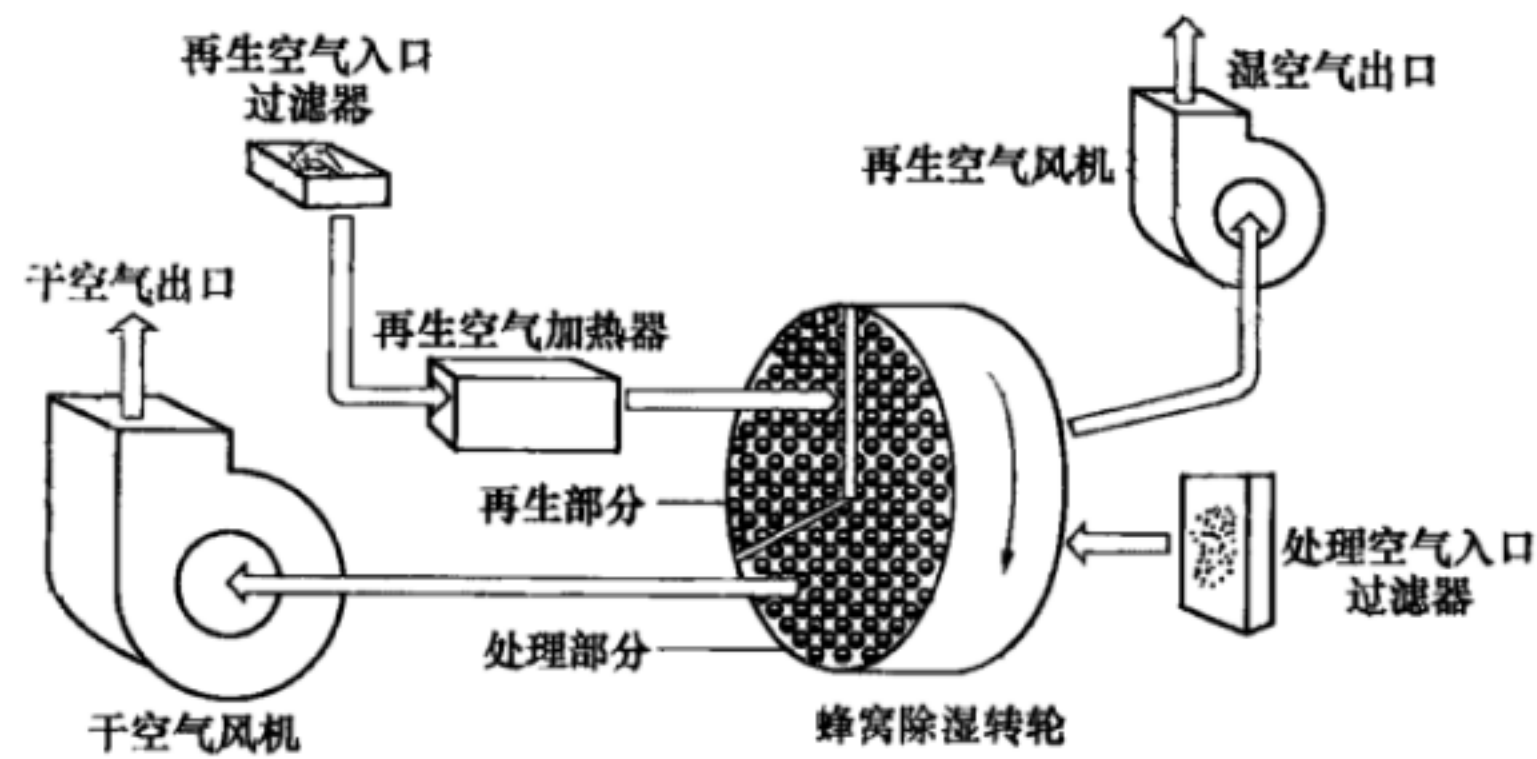


图 D.1 转轮除湿机工作原理图

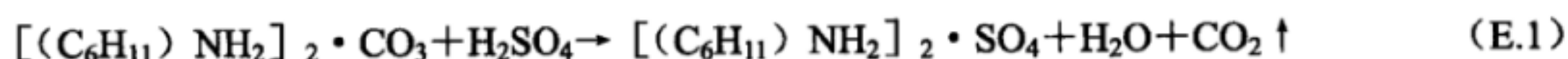
附录 E

(资料性附录)

气相缓蚀剂碳酸环己胺的测定方法

E.1 碳酸环己胺测定原理

碳酸环己胺 $[(C_6H_{11})NH_2]_2 \cdot CO_3$ 是一种有机碱性物质, 它会被硫酸溶液吸收, 并与硫酸进行反应, 释放出二氧化碳, 生成硫酸环己胺。反应式如下:



因此可用氢氧化钠标准溶液对硫酸吸收溶液进行滴定, 分析碳酸环己胺的浓度。

为了充分吸收碳酸环己胺的气体, 应使吸收液始终保持酸性状态。本测定方法是将抽出的含碳酸环己胺的气体, 定量地通入已知容积和浓度的硫酸吸收溶液中, 然后根据气体通过吸收液(硫酸溶液)前后酸液浓度的变化值, 计算出气体中碳酸环己胺的含量。

E.2 碳酸环己胺气体的取样

用专用真空泵, 参照图 E.1 并按附录 A 所规定的取样部位, 从热力设备抽取气体。先使气体通过吸收瓶 3, 当观察到除盐水(含有酚酞指示剂)变红时, 即表明被抽出的气体中含有碳酸环己胺。随后就可关闭气体吸收瓶 3 的进气和排气门, 开启吸收瓶 5 的进气和出气门, 使气体通过吸收瓶 5 吸收碳酸环己胺。当气体通过吸收瓶时, 应立即记录时间, 并迅速调整阀门开度, 使其流经吸收瓶 5 内的气体流量控制在 $0.2 \text{ L/min} \sim 0.3 \text{ L/min}$ 范围内(通过浮子流量计显示)。在气体通过吸收瓶 5 的时间达到 20 min 时, 立即关闭吸收瓶 5 的进气和出气门, 从系统中取出吸收瓶 5, 封存待测。再次测定气体中碳酸环己胺含量, 应将吸收瓶 5 用除盐水洗净并烘干或吹干, 重新放入硫酸吸收液。一般吸收瓶中硫酸吸收液的放入量为 600 mL (浓度为 0.01 mol/L)。

E.3 碳酸环己胺含量的分析和计算

从气体吸收瓶 5 中取出吸收液 100 mL , 放入 250 mL 三角瓶内, 加入 2 滴~3 滴甲基橙指示剂, 用浓度为 0.02 mol/L 的氢氧化钠标准溶液滴定至溶液呈橙色, 记录消耗氢氧化钠的体积数。碳酸环己胺含量按下式计算:

$$C = \frac{n \times (V_0 - V_1) \times 1000 \times 0.6 \times 242}{V_2 \times Q \times t} \quad (E.2)$$

式中:

C —— 气体中碳酸环己胺含量, g/m^3 ;

n —— 氢氧化钠标准溶液浓度, mol/L ;

V_0 —— 滴定空白硫酸吸收液所消耗的氢氧化钠标准溶液的体积, mL ;

V_1 —— 滴定吸收了碳酸环己胺的硫酸吸收液所消耗的氢氧化钠标准溶液的体积, mL ;

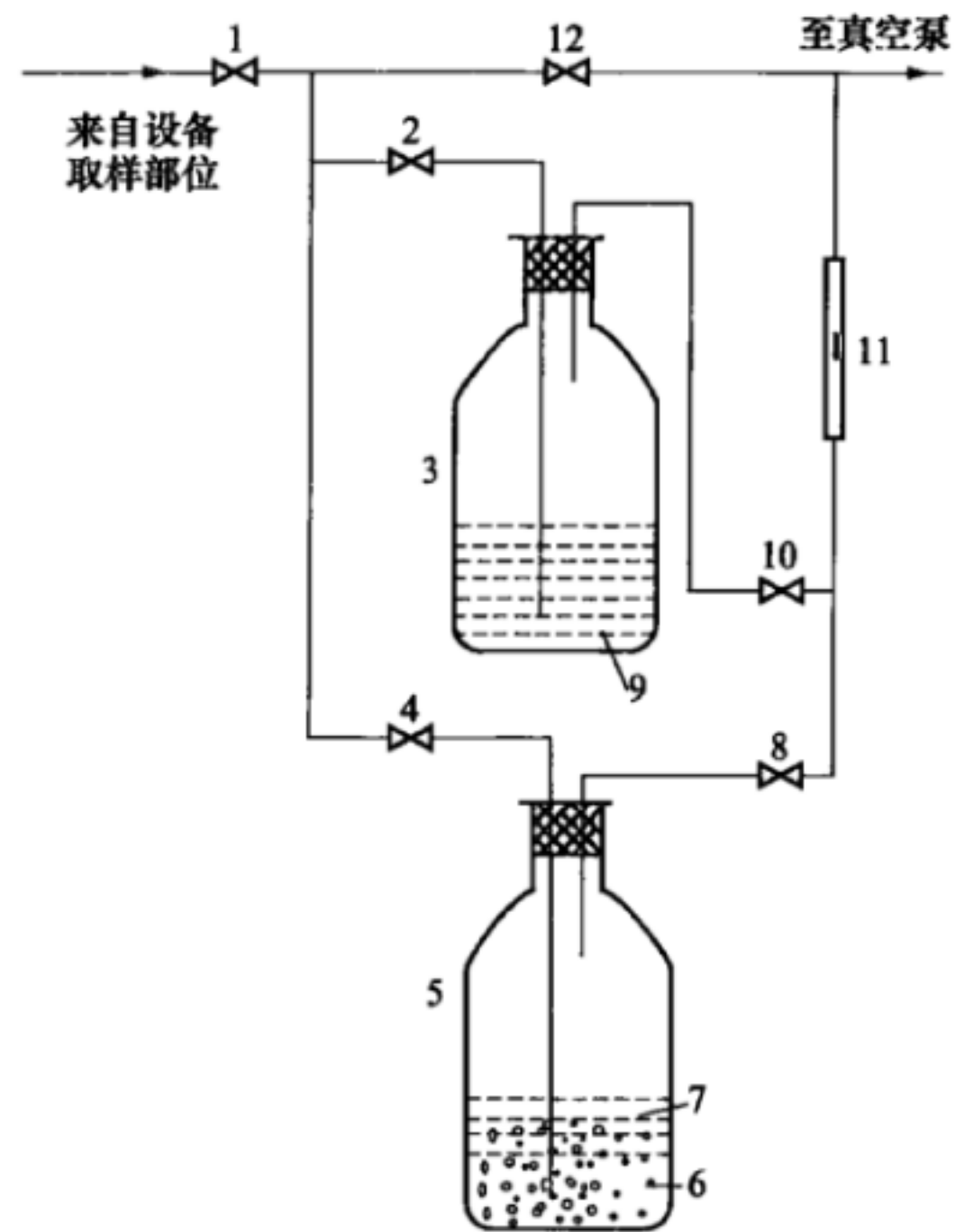
V_2 —— 取硫酸吸收溶液分析的体积, mL ;

Q —— 通过吸收瓶 5 的气体流量, L/min ;

t —— 气体通过吸收瓶 5 的时间, min ;

0.6 —— 放入吸收瓶 5 内的硫酸溶液体积, L ;

242 —— 碳酸环己胺 $[(C_6H_{11})NH_2]_2 \cdot CO_2$ 的分子量。



说明:

- | | |
|-------------|-------------|
| 1—截止门; | 8、10—出气门; |
| 2、4—进气门; | 9—加酚酞的除盐水; |
| 3、5—气体吸收瓶; | 11—气体浮子流量计; |
| 6—玻璃小球或陶瓷环; | 12—旁路门。 |
| 7—气体吸收液; | |

图 E.1 气体中碳酸环己胺含量测定系统示意图