

ICS 27.100

F 24

备案号: 42622-2014

DL

中华人民共和国电力行业标准化指导性技术文件

DL / Z 1262 — 2013

火电厂在役湿烟囱防腐技术导则

Technical guide on anticorrosive measures for on-duty wet chimney

2013-11-28 发布

国家能源局 发 布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 湿烟囱运行工况和湿烟囱防腐材料性能设计原则	3
5 在役湿烟囱防腐改造方案选用原则	3
6 防腐材料的性能要求	4
7 在役烟囱钢内筒防腐改造工程施工及焊接质量验收	8
8 非金属类防腐材料施工及检验	9
9 检修及维护	12
附录 A（规范性附录） 轻质发泡砖耐温差急变性能的测定	13

前 言

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司、西北电力设计院、华能国际电力股份公司、兰州化工设计研究院、国电环境保护研究院、神华国华电力研究院有限公司。

本标准主要起草人：丹慧杰、解宝安、林勇、金定强、惠润堂、邓宇强、韩晶。

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）。

引 言

国内部分在役火电厂燃煤机组采用石灰石-石膏湿法脱硫装置，并且未安装烟气换热器（GGH）等再热装置。由于湿法脱硫烟气未完全去除酸类气体，脱硫处理后的烟气在排放流通过程中遇冷凝结，在烟囱内壁结露生成腐蚀性的凝结酸液，进而对烟囱造成腐蚀危害。为解决在役烟囱的防腐问题，结合我国火电厂湿烟囱运行的特殊工况，参照国内外有关标准和规定及近期国内部分火电厂在役湿烟囱防腐改造工程的实施经验和防腐材料的实际试验情况，特制定本指导性技术文件。

火电厂在役湿烟囱防腐技术导则

1 范围

本标准规定了在役火电厂湿法脱硫湿烟囱改造的基本技术要求。

本标准适用于在役火电厂湿法脱硫湿烟囱的防腐改造。

2 规范性引用文件

下列文件对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。

- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 531.2 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1034 塑料吸水性的测定
- GB/T 1037 塑料薄膜和片材透水蒸气性能试验方法-杯式法
- GB/T 1040.2 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件
- GB/T 1448 纤维增强塑料压缩性能试验方法
- GB/T 1450.1 纤维增强塑料层间剪切强度试验方法
- GB/T 1728 漆膜、腻子膜干燥时间测定法
- GB/T 1733 漆膜耐水性测定法
- GB/T 1735 色漆和清漆 耐热性的测定
- GB/T 1763 涂膜耐化学品性能标准
- GB/T 1766 色漆和清漆 涂层老化的评级方法
- GB/T 2411 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 3623 钛及钛合金丝
- GB/T 5210 色漆和清漆拉开法附着力试验
- GB/T 5478 塑料滚动磨损试验方法
- GB/T 5486.1~5486.4 无机硬质绝热制品试验方法
- GB/T 7320 耐火材料 热膨胀试验方法
- GB/T 8547—2006 钛—钢复合板
- GB/T 8923 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级
- GB/T 9341 弯曲性能的测定
- GB/T 10294 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定
- GB/T 13149 钛及钛合金复合钢板焊接技术要求
- GB/T 20624.1~20624.2 色漆和清漆快速变形（耐冲击性）
- GB/T 23988 涂料耐磨性测定落砂法
- GB/T 50212 建筑防腐蚀工程施工及验收规范
- DL/T 693 烟囱混凝土耐酸防腐涂料
- DL/T 901 火力发电厂烟囱（烟道）内衬防腐材料

JB/T 4730 承压设备无损检测

JB/T 4745—2002 钛制压力容器

JC/T 647 泡沫玻璃绝热制品

SY/T 0041 管道防腐层与金属粘结的剪切强度试验方法

ASTM B 575 低碳镍-铬-钼、低碳镍-铬-钼-铜、低碳镍-铬-钼-钽、低碳镍-铬-钼-钨合金中板、薄板及带材 Standard Specification for Low-carbon Nickel-Chromium-Molybdenum, Low-Carbon Nickel-Chromium-Molybdenum-Copper, Low-Carbon Nickel-Chromium-Molybdenum-Tantalum, Low-Carbon Nickel-Chromium-Molybdenum-Tungsten, Low-Carbon Nickel-Chromium-Molybdenum-Chromium Alloy Plate, Sheet, and Strip

ASTM A 240 铬及铬镍不锈钢中板、薄板及带材在压力容器和一般应用 Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications

ASTM A265 镍及镍基合金复合板 Standard Specification for Titanium and Titanium Alloy Strip, Sheet, and Plate

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

湿烟囱 the wet chimney

机组采用湿法脱硫装置，并未采用烟气换热器（GGH）等再热装置的火电厂烟囱。

3.2

金属内衬层防腐材料 metal lining anticorrosive material

以金属材料自身作为防腐材料，如镍合金钢板、钛合金钢板和钛板层材料等。

3.3

无机内衬层防腐材料 inorganic lining anticorrosive material

主要是以无机材料作为防腐主体的材料，如发泡玻璃砖层等。

3.4

有机内衬层防腐材料 organic lining anticorrosive material

主要是以有机材料作为防腐主体的材料，如橡胶类、涂料类和塑料类等。

3.5

有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料 organic-inorganic anticorrosive material

主要以有机-无机杂化材料作为防腐主体的材料，如有机-无机杂化聚合材料类等。

3.6

单筒式烟囱 single tube chimney

钢筋混凝土筒壁、隔热层和砖砌体内衬紧贴布置，隔热层和内衬分段支承在钢筋混凝土筒壁内侧悬挑出牛腿上的烟囱。

3.7

砖内筒 brick-flue

套筒式和多管式烟囱中的砖砌体结构排烟内筒。

3.8

钢内筒 steel-flue

套筒式和多管式烟囱中的钢结构排烟内筒。

4 湿烟囱运行工况和湿烟囱防腐材料性能设计原则

4.1 湿烟囱运行工况

在役湿烟囱的改造设计应考虑下列烟气运行工况：

- a) 干烟气工况：排放未经脱硫或干法脱硫处理的烟气，排入烟囱的烟气温度一般为 $110^{\circ}\text{C}\sim 160^{\circ}\text{C}$ ，烟囱内壁处于干燥运行状态，烟气中的酸性气体对烟囱内壁材料仅产生气态腐蚀，腐蚀进程缓慢。
- b) 湿烟气工况：排出的烟气经湿法脱硫处理后，没有经过再热系统去除湿蒸汽，湿烟气在排放流通过程中凝结生成冷凝液，冷凝液沿筒壁内侧流淌，其酸性较强，为 pH 值在 1.5~2.5 范围的混合酸液，对烟囱内壁材料渗漏腐蚀严重。
- c) 混合工况：干、湿烟气混合排放，排入烟囱中的混合烟气温度分布不均匀，会产生局部冷凝结露状况。冷凝液浓度高，腐蚀性更强。
- d) 过渡工况：脱硫系统启、停及运行中旁路挡板开启或关闭时，排放的烟气温度和烟气干湿状态发生突变。
- e) 事故工况：在役烟囱防腐改造设计时，还应考虑在锅炉空气预热器事故等短时异常状态下，烟气温度可能会短时间达到 200°C 左右，持续时间少于 3min。

4.2 湿烟囱防腐材料性能设计原则

湿烟囱中与烟气直接接触的防腐层材料性能设计应符合下列要求：

- a) 防腐层材料应具有耐酸性、抗渗性、抗老化性、耐磨性、耐久性和黏结牢固的性能。
- b) 有脱硫旁路时，防腐层材料还应能承受高、低烟温冷热急变和干、湿环境急促交变的状况。
- c) 无机内衬层防腐材料宜选用自重轻和吸水率低的材料。
- d) 有机内衬层防腐材料宜选用弹性好、伸缩性强，施工环境适应性强的材料。

5 在役湿烟囱防腐改造方案选用原则

5.1 防腐改造前的检测评价原则

在役烟囱进行湿法脱硫防腐改造前，应对原烟囱内衬及钢筋混凝土筒体的腐蚀状况及强度进行安全性检测和评价。

5.2 有脱硫旁路的烟囱防腐改造方案选用原则

5.2.1 单筒式烟囱防腐改造方案选用原则

在满足套筒式烟囱施工与检修的条件下，宜在原有烟囱钢筋混凝土烟筒内设置钢内筒，钢内筒表面的防腐层可选用金属内衬层、轻质防腐砖体系、有机内衬层或有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料；也可在原烟囱内贴衬轻质防腐砖体系。

5.2.2 砖排烟内筒套筒式烟囱防腐改造方案选用原则

宜在钢筋混凝土烟筒内设置钢内筒，钢内筒表面防腐层可选用金属内衬层、轻质防腐砖体系、有机内衬层或有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料；也可在原烟囱内贴衬轻质防腐砖体系。

5.2.3 钢排烟内筒套筒式烟囱防腐改造方案选用原则

应对原钢排烟内筒进行修复补强处理，钢内筒内壁可选用无机内衬层、有机内衬层或有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料。当钢内筒难以修复处理时，应拆除原钢排烟内筒，按新排烟筒进行设计。

5.3 无脱硫旁路的在役烟囱防腐改造方案选用原则

5.3.1 单筒式烟囱防腐改造方案选用原则

根据烟囱评估状况，可在原烟囱内表面选用轻质防腐砖体系、有机内衬层或有机-无机杂化聚合结构层内衬等防腐材料；在满足套筒式烟囱施工与检修的条件下，也可在原烟囱内设置钢内筒，在钢内筒表面选用防腐材料体系。

5.3.2 砖排烟内筒套筒式烟囱防腐改造方案选用原则

应拆除砖排烟内筒，在钢筋混凝土烟囱内设置钢排烟内筒，钢内筒内壁可选用金属内衬层、无机内衬层、有机内衬层或有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料。

5.3.3 钢排烟内筒套筒式烟囱防腐改造方案选用原则

应对原钢排烟内筒进行修复补强处理，钢内筒内壁可选用无机内衬层、有机内衬层或有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料。当钢内筒难以修复处理时，应拆除原钢排烟内筒，按新排烟筒进行设计。

5.4 其他

对于受条件限制、难以进行湿烟囱防腐改造的在役各类型烟囱，可考虑采用新建湿烟囱方案或者在吸收塔塔顶设置永久性湿烟囱的改造方案。

6 防腐材料的性能要求

6.1 镍基合金-钢复合板

6.1.1 镍基合金应选用防腐性能优良的 UNS N10276（合金 C276）、UNS N06022（合金 22）或超级奥氏体不锈钢 UNS S31277（27-7MO）等作为耐腐蚀面层，厚度应不小于 1.6mm，合金 C276 和合金 C22 的制造应满足 ASTM B 575 的要求，27-7MO 应满足 ASTM A 240 的要求。

6.1.2 选用的镍基合金板，应在高浓度热混合酸液（80℃，60% H₂SO₄+2.5% HCl+0.2% HF+0.1% HNO₃）进行 7 天的耐腐蚀测试，推算出的年均腐蚀减薄量不应大于 4.0mm；在低浓度混合酸液（55℃，2% H₂SO₄+0.1% HCl+0.01% HF+0.1% HNO₃）进行耐腐蚀测试，并满足预期使用寿命的要求。

6.1.3 碳钢基材应满足 GB/T 700 的要求，钢材厚度应按其强度设计确定。

6.1.4 镍基合金-钢复合板应满足 ASTM A265 的要求。

6.1.5 应采用匹配的焊接材料，应用 NiCrMo-14（686CPT）焊接合金 C276、22 和超级奥氏体不锈钢 27-7MO。同种材料的焊接为 NiCrMo-4 焊接合金 C276，NiCrMo-10 焊接合金 22 和 27-7Mo。

6.1.6 施焊前，应进行焊接工艺评定，应对焊接接头部位按 ASTM G28A 规定的方法进行检测，焊缝与母材应有相同的耐腐蚀性能。

6.2 钛合金-钢复合板

6.2.1 选用钛合金-钢复合板的性能应符合 GB/T 8547—2006 中附录 D 的要求。

6.2.2 焊接材料应符合 GB/T 3623 的规定，焊接工艺应符合 JB 4745—2002 中附录 D 的要求。

6.2.3 选用的钛合金板应在低浓度混合酸液（55℃，2% H₂SO₄+0.1% HCl+0.01% HF+0.1% HNO₃）进行耐腐蚀测试，并满足预期使用寿命的要求。

6.3 纯钛-钢复合板

6.3.1 纯钛-钢复合板的性能应符合 GB/T 8547—2006 中附录 D 的要求。

6.3.2 应采用过匹配的焊接材料，并符合 GB/T 3623 的规定，焊接工艺应符合 JB 4745—2002 中附录 D 的要求。

6.3.3 选用的纯钛板应在低浓度混合酸液（55℃，2% H₂SO₄+0.1% HCl+0.01% HF+0.1% HNO₃）中进行耐腐蚀测试，并满足预期使用寿命的要求。

6.4 无机内衬层防腐材料-轻质玻璃砖体系

发泡玻璃砖的性能指标应符合表 1 的要求。

表 1 轻质玻璃砖的性能指标

序号	项 目	单位	标识	性能指标	检测方法
1	外观质量	—		符合 JC/T 647 的要求	GB/T 5486.1
2	体积密度	kg/m ³		≤210	JC/T 647
3	抗压强度	MPa		≥1.5	GB/T 5486.2

表 1 (续)

序号	项 目	单位	标识	性能指标	检测方法
4	抗折强度	MPa		≥ 0.6	GB/T 5486.2
5	导热系数 (35℃)	W/(m·K)		≤ 0.1	GB/T 10294
6	体积吸水率	%		≤ 3	GB/T 5486.3
7	线性热膨胀系数 (160℃)	1/℃	重要	$\leq 9.0 \times 10^{-6}$	GB/T 7320.1
8	耐 160℃ 温度差急变性 (有旁路时)	℃	重要	≥ 20 次	见本标准
9	耐 80℃, 20%的硫酸浸 泡 7 天	℃	重要	抗压强度: ≥ 1.35	

6.5 无机内衬层防腐材料-发泡陶瓷砖

发泡陶瓷砖的性能指标应符合表 2 的要求。

表 2 发泡陶瓷砖的性能指标

序号	项 目	单位	标识	性能指标	检测方法
1	外观质量	—		符合 JC/T 647 的要求	GB/T 5486.1
2	体积密度	kg/m ³		≤ 350	JC/T 647
3	抗压强度	MPa		≥ 3.5	GB/T 5486.2
4	抗折强度	MPa		≥ 1.5	GB/T 5486.2
5	导热系数 (35℃)	W/(m·K)		≤ 0.2	GB/T 10294
6	体积吸水率	%		≤ 1	GB/T 5486.3
7	线性热膨胀系数 (160℃)	1/℃	重要	$\leq 9.0 \times 10^{-6}$	GB/T 7320.1
8	耐 160℃ 温度急变性	℃	重要	≥ 20 次	见本附录 A
9	耐 80℃, 20%的硫酸浸 泡 7 天	℃	重要	抗压强度保留率: ≥ 1.35	

6.6 发泡玻璃(陶瓷)砖的黏结剂

6.6.1 发泡玻璃(陶瓷)砖胶黏剂的性能指标应符合表 3 的要求。

6.6.2 发泡玻璃(陶瓷)砖胶黏剂供应商应提供胶黏剂和固化剂的配合比、搅拌方式、有效施工时间、施工环境温度要求、环境湿度要求、基体表面处理要求、固化温度要求、固化时间、易燃等级、毒性程度和防护要求等相关参数。

表 3 发泡玻璃(陶瓷)砖胶黏剂性能指标

序号	项 目	单位	性能指标	检测方法或试验条件
1	抗拉强度	MPa	≥ 0.5	GB/T 528
2	拉断伸长率	%	≥ 120	GB/T 528
3	剪切强度	MPa	≥ 0.5	SY/T 0041
4	耐水剪切强度 (7 天)	MPa	≥ 2.7	GB/T 1733、SY/T 0041
5	50℃, 5% H ₂ SO ₄ 浸泡 14 天	%	≤ 0 级 抗拉强度保持率: ≥ 90	GB/T 1763、GB/T 1766、 GB/T 528

表 3 (续)

序号	项 目	单位	性能指标	检测方法或试验条件
6	耐热性 (160℃, 24h) (有旁路时)	%	≤0 级 抗拉强度保持率: ≥90	GB/T 1735、GB/T 1766、GB/T 528
7	热老化性 (160℃, 30 天) (有旁路时)	%	≤0 级 抗拉强度保持率: ≥75	GB/T 1735、GB/T 1766、GB/T 528
8	耐 80℃, 2%H ₂ SO ₄ +0.1%HCl+0.1%HNO ₃ +0.1%H ₃ PO ₄ 混合酸腐蚀性	%	≤0 级 抗拉强度保持率: ≥75%	GB/T 1763、GB/T 1766、GB/T 528
9	黏结强度	MPa	≥1	GB/T 5210

6.7 有机内衬层防腐材料-底层涂料

6.7.1 涂料供应商应提供涂料的实干时间、施工环境温度、环境湿度要求、基体材料表面处理要求、固化温度范围、固化时间、易燃等级、毒性程度和防护要求等相关参数。

6.7.2 涂料性能指标应符合表 4 的要求。

表 4 底层涂料性能指标

序号	项 目	计量单位	性能指标	检 测 方 法
1	黏结强度 (涂料-钢板) (涂料-胶黏剂)	MPa	≥2	GB/T 5210
2	耐温性	℃	≥180	GB/T 1735
3	实干时间	h	≤4.0	GB/T 1728
4	耐酸性	天	≥15	GB/T 1735
5	耐温度交变性	次	30	20% H ₂ SO ₄ 常温浸泡 1h, 取出晾干 15min, 放入烘箱在 177℃ 下维持 16h, 常温放置 4h~6h, 循环试 30 次

6.8 有机内衬层防腐材料

6.8.1 有机内衬层防腐材料供应商应提供材料和固化剂 (若有) 的配合比、搅拌方式、有效施工时间、施工环境温度要求、环境湿度要求、施工厚度要求、固化温度、固化时间、易燃等级、毒性程度和防护要求等相关参数。

6.8.2 氟橡胶类有机内衬层防腐材料的性能指标应符合表 5 的要求。对于本标准未规定性能指标的其他有机内衬层防腐材料 (如涂料、塑料、树脂浇注料等), 在使用前应提供在火电厂湿烟囱中成功应用的实例, 并结合我国在役火电厂湿烟囱运行工况选择适合的检测方法进行检测, 检测合格后方可投入使用。

表 5 氟橡胶类防腐材料性能指标

序号	项 目	单位	性能指标	检测方法或试验条件
1	抗拉强度	MPa	≥2.5	GB/T 528
2	拉断伸长率	%	≥20	GB/T 528
3	硬度 (邵氏 A)	HA	40~90	GB/T 531.2
4	剪切强度	MPa	≥1.5	SY/T 0041

表 5 (续)

序号	项 目	单位	性能指标	检测方法或试验条件
5	室温条件下蒸馏水中浸泡 7 天后的耐水剪切强度	MPa	≥ 1.4	GB/T 1733、SY/T 0041
6	80℃, 20% H_2SO_4 浸泡 30 天	%	≤ 0 级 抗拉强度保持率 $\geq 90\%$	GB/T 1763、GB/T 1766、 GB/T 528
7	耐热性 (180℃, 7 天)	%	≤ 0 级 抗拉强度保持率 $\geq 90\%$	GB/T 1735、GB/T 1766、 GB/T 528
8	热老化性 (180℃, 30 天)	%	≤ 0 级 抗拉强度保持率 $\geq 85\%$	GB/T 1735、GB/T 1766、 GB/T 528
9	耐 80℃, 2% H_2SO_4 +0.1% HCl +0.1% HNO_3 + 0.1% H_3PO_4 混合酸腐蚀性, 30 天	%	≤ 0 级 抗拉强度保持率 $\geq 70\%$	GB/T 1763、GB/T 1766、 GB/T 528
10	有酸存在条件下的热老化性 20% H_2SO_4 常温浸泡 1h, 取出晾干 15min, 放入烘箱在 177℃下维持 16h, 常温放置 4h~6h, 循环 试 30 次	%	≤ 0 级 抗拉强度保持率 $\geq 70\%$ 黏结强度保持率 $\geq$ 80%	GB/T 1763、GB/T 1735、 GB/T 1766、GB/T 528
11	黏结强度 (涂料层间)	MPa	≥ 1.0	GB/T 5210
12	耐磨损	L/ μm	≥ 5.0	GB/T 23988
13	耐冲击	in · kg	≥ 10	GB/T 20624.1~20624.2

6.9 有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料

6.9.1 有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料性能指标应符合表 6 的要求。

6.9.2 有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料的供应商应提供材料的有效施工时间、施工环境温度、湿度要求, 固化温度、固化时间和防护要求等相关参数和要求。

表 6 有机-无机杂化聚合结构层内衬防腐材料的性能指标

序号	项 目	单位	性能指标	备 注
1	吸水率	%	< 0.3	GB/T 1034
2	水蒸气渗透系数	$\frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}$	$< 5.0 \times 10^{-14}$	GB/T 1037
3	拉伸强度	MPa	> 20	GB/T 1040.2
4	拉断伸长率	%	> 3	GB/T 528
5	弯曲强度	MPa	> 40	GB/T 9341
6	邵氏硬度	Hd	> 70	GB/T 2411
7	抗压强度	MPa	> 20	GB/T 1448
8	层间剪切强度	MPa	> 6.0	GB/T 1450.1
9	10%的 H_2SO_4	50℃, 14 天	≤ 0 级 抗拉强度保持率: $\geq 70\%$	GB/T 1763、GB/T 1766、 GB/T 528
	1.5% H_2SO_4 +0.1% HCl +0.1% HNO_3 + 0.1% H_3PO_4 混合酸	80℃, 14 天	≤ 0 级 抗拉强度保持率: $\geq 70\%$	GB/T 1763、GB/T 1766、 GB/T 528

表 6（续）

序号	项 目	单位	性能指标	备 注
10	有酸存在条件下的热老化性 20% H ₂ SO ₄ 常温浸泡 1h，取出晾干 15min，放入烘箱在 177℃ 下维持 16h，常温放置 4h~6h，循环试 30 次	≥30 次	≤0 级 抗拉强度保持率：≥70% 黏结强度保持率≥80%	GB/T 1763、GB/T 1735、 GB/T 1766、GB/T 528
11	热老化性	180℃，15 天	≤0 级 抗拉强度保持率：≥70%	GB/T 1735、GB/T 1766、 GB/T 528
12	耐磨性 1000r	Mg	<35	GB/T 5478
13	黏结强度（钢板）	MPa	>8	GB/T 5210
14	激冷激热试验（180℃ 放置 4h，25℃ 放置 2h）	次	>20	

7 在役烟囱钢内筒防腐改造工程施工及焊接质量验收

7.1 在役烟囱钢内筒防腐改造施工方案

7.1.1 在役“单筒式”烟囱内部新增设置钢内筒和“砖套筒（多管）式”烟囱内部置换原有钢内筒的施工
方案，宜采用“顶升倒装法”施工工艺。对于在役“钢套筒（多管）式”烟囱进行置换原有钢内筒改
造的施工方案，宜采用原有钢内筒的施工方案。

7.1.2 烟囱中钢内筒的施工步骤应符合下列规定：

- a) 按照烟囱改造设计的要求进行拆除工作。
- b) 对原有烟囱承担安全作用的钢筋混凝土结构体系进行检测和评估，应按照继续使用寿命的要求
进行加固修复。
- c) 施工新增设置的排烟内筒基础。
- d) 在需要的情况下，应对原有烟囱钢筋混凝土筒身结构进行加固修复。
- e) 应检查和修（恢）复检修原有烟囱内部的照明系统和原有的避雷系统。
- f) 应检查和修（恢）复检修原有烟囱内部的平台止晃装置；施工新增设置的烟囱内部平台和垂直
交通体系。
- g) 新增设置或置换的烟囱中排烟内筒本体施工。
- h) 新增设置或置换的烟囱中排烟内筒防腐层施工。

7.2 施工要求及检验规定

7.2.1 焊接标准及焊缝检查

钢内筒结构焊接应符合 GB 50078 的规定。对于采用钢内筒、内设金属内衬层防腐材料的改造方案，
应考虑金属内衬防腐层的防护要求。

焊接及焊缝检查应符合下列要求：

- a) 镍基合金可参照美国腐蚀与防护学会 NACE RP0292-92d 的金属薄板覆层在空气污染控制和
其他工艺设备的安装推荐标准。
- b) 钛及钛合金焊接应符合 GB/T 13149 的规定。

7.2.2 焊接质量检查

焊接完成后应进行下列质量检查：

- a) 应由具有检验资格的检验员进行 100%目视检验，焊缝成型应良好，无裂纹、针孔和未焊透等
缺陷。
- b) 对密封焊缝，应采用着色、真空箱或其他认可的气密性检测方法进行 100%无损检验，并应保

证焊缝的气密性。着色探伤验收标准应按钢制常压焊接油罐渗透探伤相关技术规定的要求执行。

- c) 如果发现焊接缺陷，应进行标记，返修前应将缺陷焊缝用打磨方法完全去除，应按相关焊接工艺要求施焊，焊缝的耐腐蚀性应满足使用要求，焊缝质量检查要点见表 7。

表 7 焊缝质量检查要点

序号	焊 缝 位 置	检查方法及范围	质 量 规 定
1	排烟筒底板与壁板的拼接焊缝	100%PT2、MT 或 PT3 检查	焊缝无损探伤的方法和合格规定，射线探伤按 GB/T 3323 和 JB/T 4730 的规定进行，并以 III 级规定为合格；磁粉探伤按有关的钢制常压焊接油罐磁粉探伤技术规定执行；渗透探伤按有关的钢制常压焊接油罐渗透探伤技术规定执行
2	排烟筒壁板的纵、环向对接焊缝	≥10%RT 或 ≥20%UT 检查，检查点应沿圆周均布，T 形焊缝区域 100%RT 检查	
3	排烟筒开孔（如人孔门）短管与壁板、短管与法兰焊缝	≥50%PT2 或 MT 检查，与壁板连接的焊缝 100%PT2 或 MT 检查，其余 PT1 检查	
4	排烟筒壁加强环肋与壁板的焊缝	≥20%PT2 或 MT 检查	
注 1：焊缝检查代号说明：RT—射线检查；UT—超声波检查；MT—磁粉检查。 注 2：渗透检查：PT1—煤油渗漏检查；PT2—着色检查；PT3—真空箱检查。			

8 非金属类防腐材料施工及检验

8.1 施工环境及条件

施工大气环境的相对湿度应不高于 85%，温度应控制在 10℃～35℃。底层涂料施工时应考虑材料的挥发性、易燃性，施工时应配置相关挥发物浓度测试仪器，筒内空气应有良好的流动性，必要时应进行强制通风、除湿以确保挥发物不积蓄，以及材料施工期间的正常养护和干燥。

改造前应对烟囱的特殊部位做专门的处理设计方案。

8.2 施工设备、检查仪器

8.2.1 施工现场施工吊笼（篮）或脚手架的安装、搭设、拆卸和验收等，应符合国家相关标准的规定。

8.2.2 烟囱中筒内施工应采用圆盘吊笼（篮），吊笼（篮）的安装、拆卸、维护和保养应按照吊笼（篮）生产供应商要求及国家相关规定执行。

8.2.3 不应采用未经检测和保养的设备，吊笼（篮）安装后应按照国家相关规定进行动、静等荷载试验，系统中的零配件、钢缆、卷扬机和安全锁等应有生产供应商及相关法定部门的有效检测报告。

8.2.4 系统中的照明应符合国家相关防爆规定，吊笼（篮）中的电气设备应采用防爆设备。

8.2.5 现场使用的挥发物浓度检查仪器、风速检查仪和厚度检查仪等测试仪器应具有法定单位标定检验证书。

8.3 进场材料储存、抽样和检验

8.3.1 储存：底层涂料材料的储存温度、湿度和环境应符合生产供应商的要求，并应按照国家危险品储存规定妥善储存，无机内衬层防腐材料中的黏结剂应避免潮湿和暴晒，应妥善保管生产批号；无机内衬层防腐材料中的发泡玻璃（陶瓷）砖的储存应避免潮湿和淋雨。

8.3.2 抽样及检验：现场材料抽样应在监理和建设单位的主持下，每种材料应随机抽取不少于 10 个样本，在样本中随机抽取满足本标准材料测试技术指标要求的数量，按本标准的指标及试验方法进行检验。分批进入现场的材料应按照同样的方法抽样及检验。

8.4 施工安装安全管理

8.4.1 湿烟囱的防腐改造施工应符合国家有关高空作业安全管理的相关规定。

8.4.2 应具有有效的防高空坠落、防火、防爆、防雷和防漏等安全措施。

8.4.3 开工前, 应提供经过监理方和建设方安检部门审查批准的《烟囱施工安全作业指导书》。作业指导书应包含符合烟囱和高空施工规定的各个环节及保证措施。

8.5 基体处理及验收

8.5.1 钢材的表面处理应按照 GB/T 8923 和 GB/T 50212 钢结构表面及焊缝的处理所规定的内容进行喷砂及打磨处理。

8.5.2 喷砂处理等级不应低于 Sa2.5 级, 当不具备喷砂处理条件需要手工打磨时应不低于 ST3 级, 相对湿度应不高于 85%。钢材表面温度应高于周围空气露点温度 3℃, 焊缝应为平滑界面, 不应出现凹凸表面。

8.5.3 砖表面宜采用压力水冲洗方式处理。烟囱内表面的腐蚀程度评定、砖的强度评定, 以及含水率的测试方法应参照 DL/T 901、GB/T 50212 等的相关规定执行。

8.5.4 现场检查的表面不应有疏松界面和浮砂, 表面 2cm 深度下的含水率不应高于 3%, 表面酸碱度应为 pH6~pH8, 表面灰尘以黑布擦拭, 布表面肉眼观测颗粒应不大于 10%。

8.5.5 含水率测试钻孔取样应按照含水率相关规定测试, 也可参考混凝土湿度测试仪器进行定量测试, 测试前应用空白件标定测验仪器。黏结玻璃砖的表面不平整度评定应按照 GB/T 50212 的规定执行。

8.5.6 相邻凸出面超过 3mm 时应打平, 超过 0.5mm 的砖缝、裂缝和直径大于 2mm 的空洞等缺陷, 应用密实性钾水玻璃胶泥材料修补平整; 用 2m 尺检查不平整度, 当不平整度大于 5mm 时, 应采用黏结剂进行填补修复。

8.5.7 有机-无机杂化聚合材料喷射施工时, 基层处理应符合下列规定:

- a) 相邻凸出面超过 3mm 时应铲除凸出部分或采用基底修复胶泥抹成圆滑过渡。
- b) 砖砌体表面开裂宽度小于 2mm、长度不超过 1m 的开裂裂缝, 应在彻底清除裂缝周围 500mm 范围内的腐蚀疏松层, 并采用基层修复胶泥修补平整之后, 采用有机-无机杂化聚合结构层材料和无碱玻璃纤维布制作 2 层玻璃钢进行加强。
- c) 砖砌体表面开裂宽度大于 2mm、长度超过 1m 的开裂裂缝(主要是砖内筒耐火砖黏结层裂缝), 应采用电动工具将裂缝扩宽处理成 V 型或清理干净裂缝中已疏松的耐酸胶泥, 彻底清除裂缝周围 500mm 范围内的腐蚀疏松层, 并采用基层修复胶泥将裂缝及其周围凹坑修补平整之后, 采用有机-无机杂化聚合结构层材料和无碱玻璃纤维布制作 3 层玻璃钢进行加强。
- d) 超过 5mm 的砖缝及相邻砖砌块之间错茬超出 4mm 部分, 应使用基层修复胶泥修复平整过渡。

8.6 无机内衬层防腐材料粘贴施工

8.6.1 烟囱中的钢内筒内表面发泡玻璃(陶瓷)砖的施工, 可每 10m 左右先贴一圈单块发泡砖, 应将其固定后作为支撑环。

8.6.2 发泡玻璃(陶瓷)砖应完整和无破损。砖的施工应采用挤压方式, 砖底部黏结剂厚度不应小于 3mm, 砖缝之间黏结剂胶缝宽度为 3mm 左右, 黏结剂胶应饱满密实, 不得有空鼓及气泡。

施工时, 应先在基底防腐层表面用黏结剂涂刷出 1.5mm 厚度的底层, 底层涂刷完成后, 在砖的底面和两侧涂抹黏结剂厚度不小于 1.5mm。将涂满黏结剂的砖体斜向挤压到砌好的砖处, 使黏结剂自然挤压出砖周边的缝表面。

发泡玻璃(陶瓷)砖的用量要求: 对于不平整的基体层表面, 黏结剂用量不小于 11.0kg/m²; 金属类平整表面黏结剂用量不小于 9.0kg/m²。

施工前, 应在监理方的监督管理下, 粘贴 10m² 左右的试验区域进行测试, 对黏结剂用量进行核算并最终确定其用量。

8.7 有机内衬层防腐材料涂刷施工

有机内衬层防腐施工应符合下列规定:

- a) 基底 20mm 内含水量应控制在 6% 以下(含 6%), 环境温度和湿度需满足材料说明书的要求。

- b) 材料用量和施工工艺应严格按作业指导书进行。
- c) 有机内衬层防腐材料的厚度必须达到设计要求。
- d) 应有完善的防火、防爆、通风以及个人防护等安全措施，并严格执行。

8.8 有机-无机杂化聚合结构层材料喷射施工

有机-无机杂化聚合结构层材料喷射施工应符合下列规定：

- a) 砖基层加强层表面干燥或金属基层喷砂之后再进行下道工序施工。
- b) 有机-无机杂化聚合结构层材料底涂层要求应完全覆盖基层表面。
- c) 在底涂层表面进行有机-无机杂化聚合结构层材料的喷射施工，要求密实。
- d) 在杂化聚合结构层上进行杂化耐磨面层喷涂施工，要求平整光滑。

8.9 特殊部位的设计施工要求

8.9.1 牛腿（环形支撑）、环梁、顶部

牛腿、环梁、顶部设计施工应符合下列规定：

- a) 牛腿、环梁的防腐措施，应有效防止烟气冷凝结露形成的腐蚀液体，在烟气正压下沿结构伸缩缝进入基体，并对基体造成腐蚀。
- b) 顶部的防腐措施，应防止由于烟气流速和环境条件影响而可能出现的烟囱雨、烟羽等，对烟囱出口附近的结构造成腐蚀。

8.9.2 烟道与烟囱筒壁交接处

改造设计时，应考虑在烟囱端留有充足的膨胀空间。该处黏结胶除符合本标准的要求外，还应采用耐腐蚀、耐高温和弹性好的材料。应避免烟道与烟囱连接处，因热胀冷缩形成应力的冲击，造成材料开裂失效引起渗漏。

8.9.3 烟囱底部紊流区间

紊流区应在烟道与烟囱的过渡区，隔烟墙区域（如果有设置）和冷热烟气交换区，一般是指烟囱下部 1/4 处，到积灰平台向上约 60m 高的区域。紊流区域应适当提高防腐的标准和等级。

8.9.4 积灰平台（如有）

积灰平台应按照池（槽）类构筑物的防腐蚀构造进行防腐处理，同时应考虑积灰平台与烟囱内筒、隔烟墙及烟道之间变形缝的韧性处理。同时，积灰平台表面应具有坡度，使得烟气冷凝结露酸液能通畅地流至排放口，并通过酸液排放系统排出到烟囱外部。

8.9.5 烟囱外部烟羽下泻区域

烟羽下泻区应选用寿命不低于 10 年的防腐涂层材料。防腐涂层应具有长期耐烟羽冲刷侵蚀、耐紫外线照射老化、适应气候变化的性能。

防腐涂层设计厚度应不低于 1mm。烟囱外壁表面空洞消缺可选用密实性钾水玻璃胶泥材料修补平整。

8.10 发泡玻璃（陶瓷）砖施工质量验收规定

8.10.1 发泡玻璃（陶瓷）砖用黏结剂砌筑时，黏结剂应饱满密实、黏结牢固。

8.10.2 烟囱内筒内壁标高范围宜每间隔 30m 随机抽样取 1 个点，每点取样不应少于 5 块砖；烟囱整体样本应大于 10 个破坏点。施工质量检验方法宜为百格网检查砖底面与黏结胶痕迹面积，每处检测 5 块砖，取其算术平均值。

8.10.3 砖底面和周边缝隙的黏结剂干膜厚度测试应采用锥形刻度尺，在检查饱满度后进行测量，测量数据的加权平均值不应小于 3mm。

8.11 有机内衬层防腐施工验收规范

钢基体使用电火花测试仪测试 3250V/mm 电压时应无击穿现象，磁性测厚仪所测厚度数据达到设计厚度的部分应大于 85%，未达到厚度点的数据平均值应大于设计值的 85%。砖基体上有机内衬层防腐材料的厚度应采用超声波测厚仪或破坏性测试方式，测试结果的要求与钢基体相同。

8.12 有机-无机杂化聚合材料质量验收规定

8.12.1 外观检查

应无流坠、无气泡、厚度均匀、密实无网孔、无浸润不良。

8.12.2 厚度检测

应按设计要求进行厚度测试，测试方法应符合下列要求：

- a) 在黑色金属上应用磁性测厚仪测试厚度。
- b) 在有色金属上应用超声波测厚仪测试厚度。
- c) 在混凝土、砖等基材上应采用超声波进行厚度测试。

8.12.3 黏结力检测

杂化聚合结构层与基体的黏结力检测有以下两种方法：

- a) 试验室拉开法检测，黏结强度不小于 8MPa。
- b) 现场拉拔检测，黏结强度不小于 5MPa。

8.12.4 金属基体的防腐层检漏

施工结束后，应采用电火花检测仪对防腐层进行整体检漏，检测等级应为 3250V/mm。

8.12.5 固化程度检查

施工结束后应在 25℃ 下养护，5 天后应进行固化程度检查。检查方法是采用强溶剂在防腐层表面涂敷 1min，如果有黏手现象或试纸变色，则认为固化不完全，应继续养护。

8.13 烟囱运行前内衬材料预热

运行初期在 50℃~80℃ 期间，至少应运行 6h，使材料充分固化。同时，应避免烟囱运行初期的高低温和干湿交替频繁变化的热冲击对防腐层稳定性的破坏。

9 检修及维护

9.1 采用金属内衬层防腐材料的烟囱排烟内筒改造检修维护周期比较长，检修维护应以巡查为主。

9.2 采用无机内衬层防腐材料和有机内衬层防腐材料的烟囱排烟内筒应定期进行检修维护，检修维护的重点应考虑防腐层的局部脱落和失效，以及由此引起的烟囱或烟囱中排烟内筒结构的渗漏腐蚀，维护检查的周期宜 1 年进行 1 次。

9.3 机组及脱硫系统运行应平稳可靠，应减少由烟气运行温度和湿度变化造成的不利状况。烟囱或烟囱中的排烟内筒和内烟道作为排放烟气的设备，应与外接的水平烟道同步检修和维护。

附录 A (规范性附录)

轻质发泡砖耐温差急变性能的测定

A.1 范围

本附录规定了测定轻质发泡砖耐温差急变性能的试验方法。

本附录适用于轻质发泡砖耐温差急变性能的测定。

A.2 原理

将试样加热至试验所需温度后迅速投入低温环境中,观察经急冷后试样的状况。如未破坏,则继续进行试验直至试样破坏为止。

A.3 装置和仪器

A.3.1 加热装置。至少能同时加热 3 块试样,可在 $0^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 之间任意调节温度并保证温度可均匀地恒定在任一设定值;应有测量试样温度的传感器插入口。

A.3.2 温度计。量程为 $0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$,分度值为 1°C 。

A.3.3 护目镜。

A.4 试样

A.4.1 尺寸为 $230\text{mm}\times 150\text{mm}\times 50\text{mm}$,也可直接使用施工砖检测。

A.4.2 每组应有 3 块试样。

A.5 试验步骤

A.5.1 使用温度计(见 A.3.2)测量低温环境的温度,并记录。

A.5.2 将试样置于加热装置中加热到试验温度(要求试样达到耐温差急变的最高温度),至少恒温 15min 以上。

A.5.3 迅速从加热装置中取出试样并放置到低温环境中,20min 后观察试样是否破坏。

注:从加热装置中取出和观察试样时,应佩戴护目镜和耐温手套。

A.5.4 如试样未出现损坏,重复 A.5.1~A.5.3 的操作,记录每块试样的操作次数,直至所有试样损坏为止。

A.6 结果判定

每块试样破坏前的试验次数即为该块试样的试验值,取 3 块试样试验值的平均值为该次试验结果。

中华人民共和国电力行业标准化
指导性技术文件
火电厂在役湿烟囱防腐技术导则
DL/Z 1262—2013

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2014年10月第一版 2014年10月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.25印张 29千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2108

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



上架建议：规程规范/
电力工程/火力发电