

## 脱硫脱硝塔的防腐防锈解决方案

中国是一个能源大国，同时也是向着低碳绿色未来发展的大战略规划。在煤业，水泥，热电，石化，化工，冶炼，工矿，海运等领域，脱硫脱硝塔是一个强制性环保需要的设施。脱硫脱硝塔内部的化学环境错综复杂，特别是废气中的含酸性非常高，还有各种腐蚀元素的粉尘物，同时在腐蚀性的媒质作用下，对脱硫脱硝塔管壁的磨损和腐蚀都是非常严峻的考验。

脱硫脱硝塔的工作原理是通过喷洒液将烟气中的尘粒溶降及离心分离和液膜粘附达到脱硫脱硝除尘的功能。烟气在脱硫脱硝塔内经过多级旋流装置的脱硫脱硝，达到环保要求后排入大气。在脱硫脱硝塔对烟气进行脱硫脱硝除尘的同时，烟气中的各种腐蚀元素粉尘也在侵蚀着自身管壁。

### ■ 脱硫脱硝塔烟气中主要腐蚀介质。

脱硫脱硝塔内的烟气中主要腐蚀介质有： $\text{SO}_2$ 、 $\text{NxOy}$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{Cl-}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{O}_2$ 。腐蚀介质中主要以  $\text{SO}_2$  为主， $\text{SO}_2$  含量在 1800~2000ppm 左右。其中危害最大的是  $\text{SO}_3$ ， $\text{SO}_3$  与水蒸气化合生成硫酸蒸气，其反应式如下： $\text{SO}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}\uparrow \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4\uparrow$ 。

随着管道烟气温度的递减下降，硫酸蒸气会凝露到低温金属表面，从而就会发生低温硫酸腐蚀。同时，这些凝结在低温金属表面上的硫酸液体还会粘附烟气中的灰尘形成不易清除的积垢，不但使烟气通道不畅甚至堵塞，而且随着金属表面积垢逐渐增厚，使  $\text{SO}_2$  转化成  $\text{SO}_3$  所需触媒不断强化， $\text{SO}_3$  生成量逐渐上升。所以，硫酸露点腐蚀过程中最重要的因素是  $\text{SO}_3$  的生成，而腐蚀程度依  $\text{SO}_3$  生成量的不同而异。

### ■ 脱硫脱硝塔常见的几种腐蚀形式。

- 1) **焊缝腐蚀**：在各种腐蚀中，焊缝早期腐蚀最为严重
- 2) **点腐蚀**：点腐蚀是脱硫脱硝塔中一种频繁出现的腐蚀，是在金属或钝化膜上发生的局部腐蚀。
- 3) **应力腐蚀开裂**：应力腐蚀开裂是在张应力和腐蚀介质的作用下，产生裂纹的一种腐蚀。
- 4) **气泡腐蚀和冲刷腐蚀**：气泡腐蚀和冲刷腐蚀起因于钝化膜和材料的表面机械应力过高。这类腐蚀大多发生在快速运动或有高速介质流过的部件上。
- 5) **接触腐蚀**：发生在具有不同电极电势的金属之间。
- 6) **露点腐蚀**：在对金属材料产生有害影响的因素中，烟气低于露点时形成的冷凝液作用最大（参考上述“ $\text{SO}_3$  生成的硫酸露点”）。

### ■ 脱硫脱硝塔防腐防锈的痛点问题。

目前国内很多脱硫脱硝塔的防腐蚀设计方案和施工质量存在着很多问题。常规采用的涂料是丁基橡胶和玻璃鳞片胶泥，这种防腐蚀体系在脱硫脱硝塔的实际运行中防护时效很短，差的几个月，好一点的能够防护 1~2 年。

这里的主要原因有以下几点：

- 1、防腐材料不具备足够的长期耐热性、耐酸性、耐碱性、耐摩擦性。在高温和腐蚀气雾环境下，容易浸蚀漆膜的附着力，导致防护涂层溢锈和脱落。

2、防腐材料的韧性不能适应脱硫塔在实际运行过程中由于烟气温度变化、脱硫脱硝塔频繁出现的投产和停机所带来的热胀冷缩现象。

3、施工方案与施工落实落地的监管缺少专业性素质化团队。

■ 脱硫脱硝塔对防护涂料的性能要求。

- a) 耐酸性 (95% $H_2SO_4$ ):  $\geq 200H$
- b) 耐碱性 (10% $NaOH$ ):  $\geq 500H$
- c) 耐中性盐雾:  $\geq 2000H$
- d) 耐水性:  $\geq 2000H$
- e) 耐冲击性: 100CM
- f) 耐弯曲性:  $\Phi 2MM$
- g) 硬度: 3H
- h) 附着力:  $\geq 10Mpa$
- i) 耐高温性能: 长期耐温 60~150 $^{\circ}C$ , 短时耐温 (4 小时)  $\geq 250^{\circ}C$ , 短暂耐温 (3 分钟)  $\geq 800^{\circ}C$

备注: 其中耐冲击性和硬度 3H 的要求, 是保障脱硫脱硝塔内壁耐磨耐冲刷的关键。耐弯曲性是为了保障脱硫脱硝塔型变引起漆层的损伤。如果防护涂料能够达到以上性能要求, 脱硫脱硝塔的保护年限超过 5 年以上是没有问题的。

■ 常规脱硫脱硝塔的防腐施工流程。

脱硫塔内壁喷砂打磨清理 (Sa2.5) → 涂刷玻璃鳞片专用底油一道 → 刮玻璃鳞片面涂二道 → 刮玻璃鳞片面涂二道 → 涂刷玻璃鳞片专用面油一道 → 质量检查、修补 → 建设单位验收  
(玻璃鳞片施工完成后, 预计厚度约为  $2.5 \pm 0.5mm$ 。)

综上所述, 要解决脱硫脱硝塔的防腐蚀痛点问题, 还需要更加优化的防腐蚀材料方案。KJ400 长效性改性硅特种涂料是一种高固含量的改性聚硅陶瓷防腐涂料。这种高科技新材料是将纳米级陶瓷粉末与高强度金属粉末互穿聚合而成, 从而达到传统涂料无法超越的物理化学性能。完全超越《脱硫脱硝塔对防护涂料的性能要求》, 在南方水泥厂的脱硫塔实验中, 5 个月漆膜无任何磨损和溢锈, 附着力完好 (参加下图实验现场/一道涂层效果)。



南方水泥厂脱硫塔/2022 年 10 月——2023 年 3 月

- **KJ400 长效性改性硅特种涂料的性能优势**

- j) 耐酸性 (95% $H_2SO_4$ ):  $\geq 240H$
- k) 耐碱性 (10% $NaOH$ ):  $\geq 720H$
- l) 耐中性盐雾:  $\geq 2880H$
- m) 耐水性:  $\geq 43200H$
- n) 耐冲击性: 100CM
- o) 耐弯曲性:  $\Phi 2MM$
- p) 硬度: 3H
- q) 附着力:  $\geq 16Mpa$
- r) 耐温性能: 长期耐温 $-40^{\circ}C \sim 160^{\circ}C$ , 短时耐温 (12 小时)  $\geq 250^{\circ}C$ , 短暂耐温 (10 分钟)  $\geq 800^{\circ}C$

- **KJ400 长效性改性硅特种涂料的施工优势**

- 1) 可带锈涂装, 除锈等级 St2 即可;
- 2) 底中面三漆合一, 2 道涂层 (膜厚  $200 \mu m$ );
- 3) 自干型涂料, 可以带油涂带湿涂, 不受环境湿度影响;

- **KJ400 长效性改性硅特种涂料的防护年限**

可根据涂层厚度的不同, 防护年限可以达到 5 年~20 年。

防护年限	涂层道数	涂层总厚度
5 年	2 道/每道 $100 \mu m$	$200 \mu m$
10 年	3 道/每道 $100 \mu m$	$300 \mu m$
20 年	4 道/每道 $100 \mu m$	$400 \mu m$

备注说明: 至少要涂刷 2 道漆面, 因为一道漆面容易产生针孔溢锈。