
南京师范大学吴昊副教授团队：湿法脱硫过程中应用相变技术促进可凝结颗粒物脱除及其机理研究

MDPI Separations

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/36855.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

南京师范大学吴昊副教授团队：湿法脱硫过程中应用相变技术促进可凝结颗粒物脱除及其机理研究 MDPI Separations。论文标题：Condensable Particulate Matter Removal and Its Mechanism by Phase Change Technology During Wet Desulfurization Process

论文链接：<https://www.mdpi.com/2297-8739/11/11/330>

期刊名：Separations

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/separations>

湿法烟气脱硫（WFGD）系统在二氧化硫脱除和实现超低排放方面发挥了关键作用，同时，在一定程度上也可脱除部分可凝结颗粒物（CPM）。南京师范大学能源与机械工程学院吴昊副教授团队在 Separations 期刊上发表了文章，提出了利用分级喷雾促进湿法烟气脱硫协同高效脱除 CPM 的原理，在不同操作参数下，研究了 WFGD 系统对 CPM 的脱除效果，以及对 CPM 中可溶性离子含量的影响，并进一步明确了关键操作参数，为实现 CPM 的排放控制提供了理论依据和技术基础。

研究主要内容

本研究通过在脱硫塔喷淋层下部均匀喷入适量高温细小碱雾滴，一方面调控烟气降温增湿速率并析出部分颗粒，诱导 CPM 以析出的细颗粒为凝结核通过非均相凝结向微米级颗粒态转化，另一方面促进 CPM 中酸性组分在碱性雾滴表面的溶解/吸收；在脱硫喷淋层间均匀喷入适量低温细小雾滴，既可以利用低温雾滴蒸发对烟气深度降温增湿，在脱硫洗涤区建立过饱和水汽场，抑制脱硫浆液滴的蒸发，抑制浆液中 CPM 的再释放，又可以利用形成的过饱和水汽场强化水汽以颗粒态 CPM 为凝结核凝并长大，进而提高后续脱硫除雾系统的拦截脱除效率。

1. 热碱雾滴喷入对 CPM 排放的影响

图1显示了热碱雾滴喷入液气比对 CPM 排放特性和脱除性能的影响。其中，图 1a 展示了液气比对 CPM 排放浓度的影响。当喷入的热碱雾滴的液气比从 0.05 L/m^3 增加到 0.11 L/m^3 时，CPM

的排放浓度从 4.2 mg/m^3 逐渐降至 3.4 mg/m^3 ，下降率约为 19%。图 1b 展示了液气比对 CPM 中可溶性离子浓度的影响。当液气比从 0.05 L/m^3 增加到 0.11 L/m^3 时， NO_3^- 、 SO_4^{2-} 和 Cl^- 离子浓度的下降率分别为 66.6%、46.5% 和 41%。

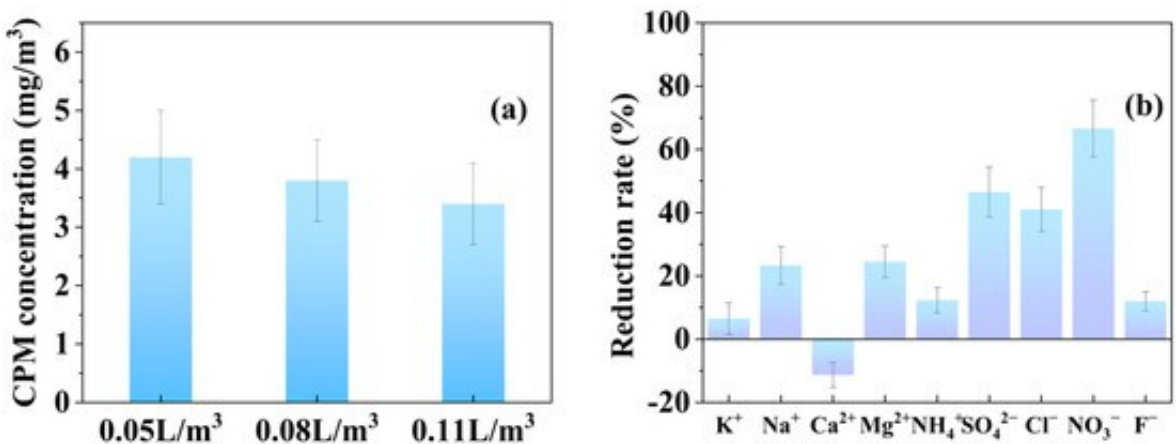


图1. 1. 热碱雾滴液气比对CPM排放特性及去除性能的影响。

图2显示了热碱雾滴温度对CPM喷射特性和脱除性能的影响。其中，图 2a 展示了热碱雾滴温度对 CPM 排放浓度的影响。当热碱雾滴温度从 60°C 升高至 90°C 时，CPM 排放浓度从 4.6 mg/m^3 降至 3.2 mg/m^3 ，下降率约为 30%。图 2b 展示了热碱雾滴温度对 CPM 中可溶性离子浓度的影响。当热碱雾滴温度升至 90°C 时， SO_4^{2-} 和 Ca^{2+} 的浓度下降率分别为 51% 和 43.3%。

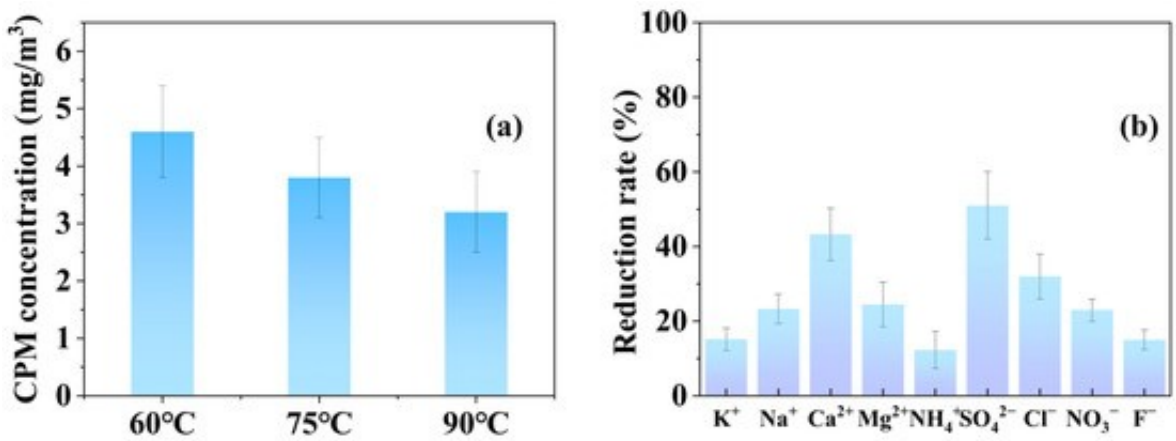


图2. 1. 热碱雾滴温度对CPM排放特性及去除性能的影响。

2. 冷水喷雾对CPM排放特性的影响

图 3 展示了在不同冷水喷雾液气比条件下，CPM 的排放特性和脱除性能。其中，图 3a 展示了冷水喷雾液气比对 CPM 排放浓度的影响。随着冷水喷雾液气比增加，CPM 排放浓度逐渐降低。当液气比从 0.05 L/m^3 增加到 0.11 L/m^3 时，CPM 排放浓度从 4.6 mg/m^3 降至 3.8 mg/m^3 ，脱除率约为 17.4%。图 3b 展示了不同冷水喷雾液气比对 CPM 中可溶性离子浓度的影响，结果表明，当冷水喷雾液气比从 0.05 L/m^3 增加到 0.11 L/m^3 时，CPM 中的 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 和 Mg^{2+} 的浓度显著降低，降幅分别为

42.8%、30.8%、30.3% 和 28.8%。

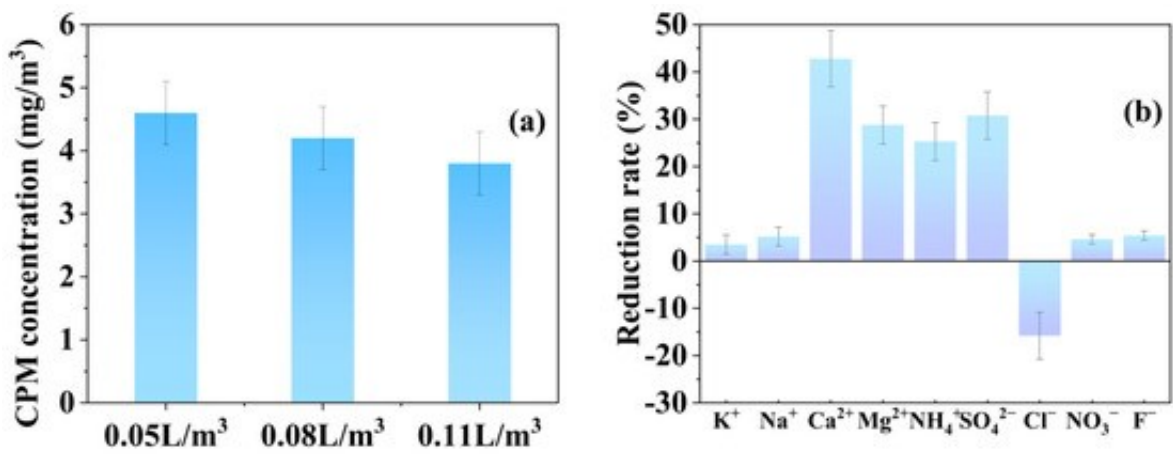


图3. 冷水喷雾液气比对CPM排放特性及去除性能的影响。

图 4 展示了冷水喷雾温度对 CPM 排放特性和去除效率的影响。图 4a 展示了冷水喷雾温度对 CPM 排放浓度的影响。随着冷水喷雾温度从 25 ° C 逐渐降至 5 ° C，CPM 排放浓度从 4.9 mg/m³ 降至 4.2 mg/m³，降幅约为 14.3%。图 4b 展示了冷水喷雾温度对 CPM 中可溶性离子浓度的影响，结果表明，随着冷水喷雾温度的降低，脱硫浆液的蒸发显著受到抑制。

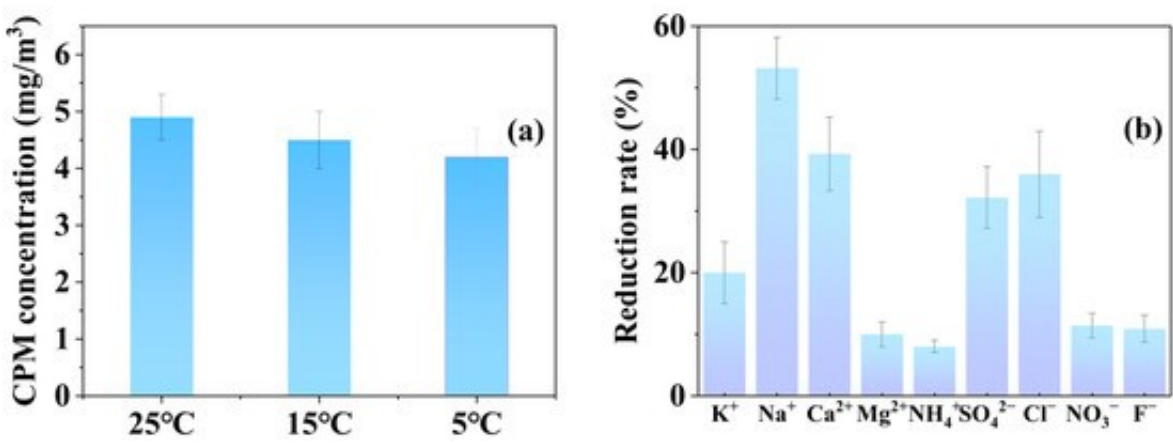


图4. 冷水喷淋温度对CPM排放特性及去除性能的影响。

3. 二氧化硫浓度对 CPM 排放特性的影响

图 5 展示了二氧化硫浓度对 CPM 排放特性和脱除性能的影响情况。图 5a 展示了二氧化硫浓度对碳氧化物颗粒物（CPM）排放浓度的影响。当二氧化硫浓度从 1500 mg/m³ 降至 0 时，CPM 的排放浓度从 7.6 mg/m³ 降至 2.4 mg/m³，下降率约为 68.4%。图 5b 展示了二氧化硫浓度对 CPM 中可溶性离子浓度的影响。

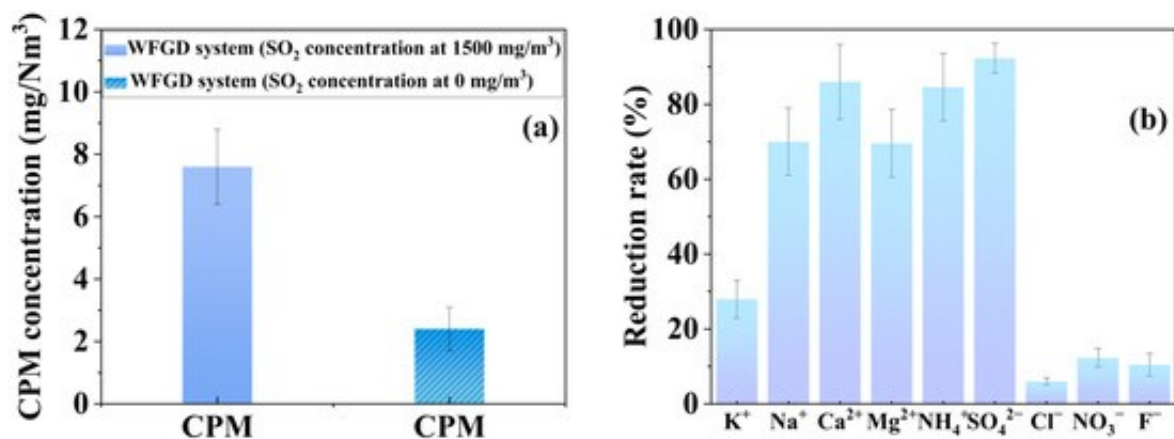


图5. SO₂浓度对CPM排放特性及去除性能的影响。

此外，作者还研究了在不同二氧化硫浓度条件下，冷水喷雾和热碱液喷雾对CPM排放浓度的影响。图 6a、b 展示了不同二氧化硫浓度下，冷水喷雾对 CPM 排放特性和脱除性能的影响，图 6c、d 展示了不同二氧化硫浓度下，热碱液喷雾对 CPM 排放特性和脱除性能的影响。

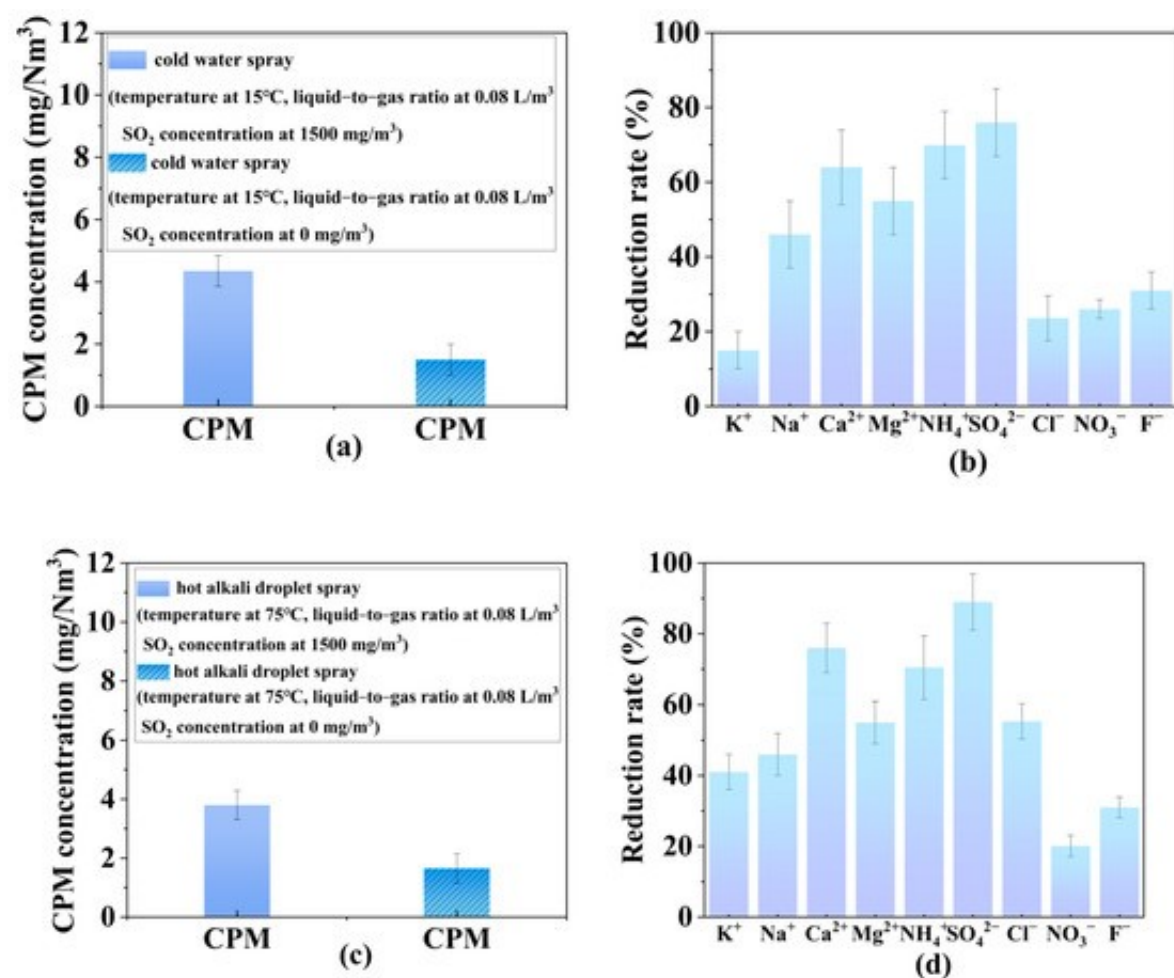


图6. SO₂浓度对冷水喷雾和热碱滴喷雾去除CPM的影响。

最后，作者进一步总结了可凝结颗粒物脱除的关键机制（图7）。

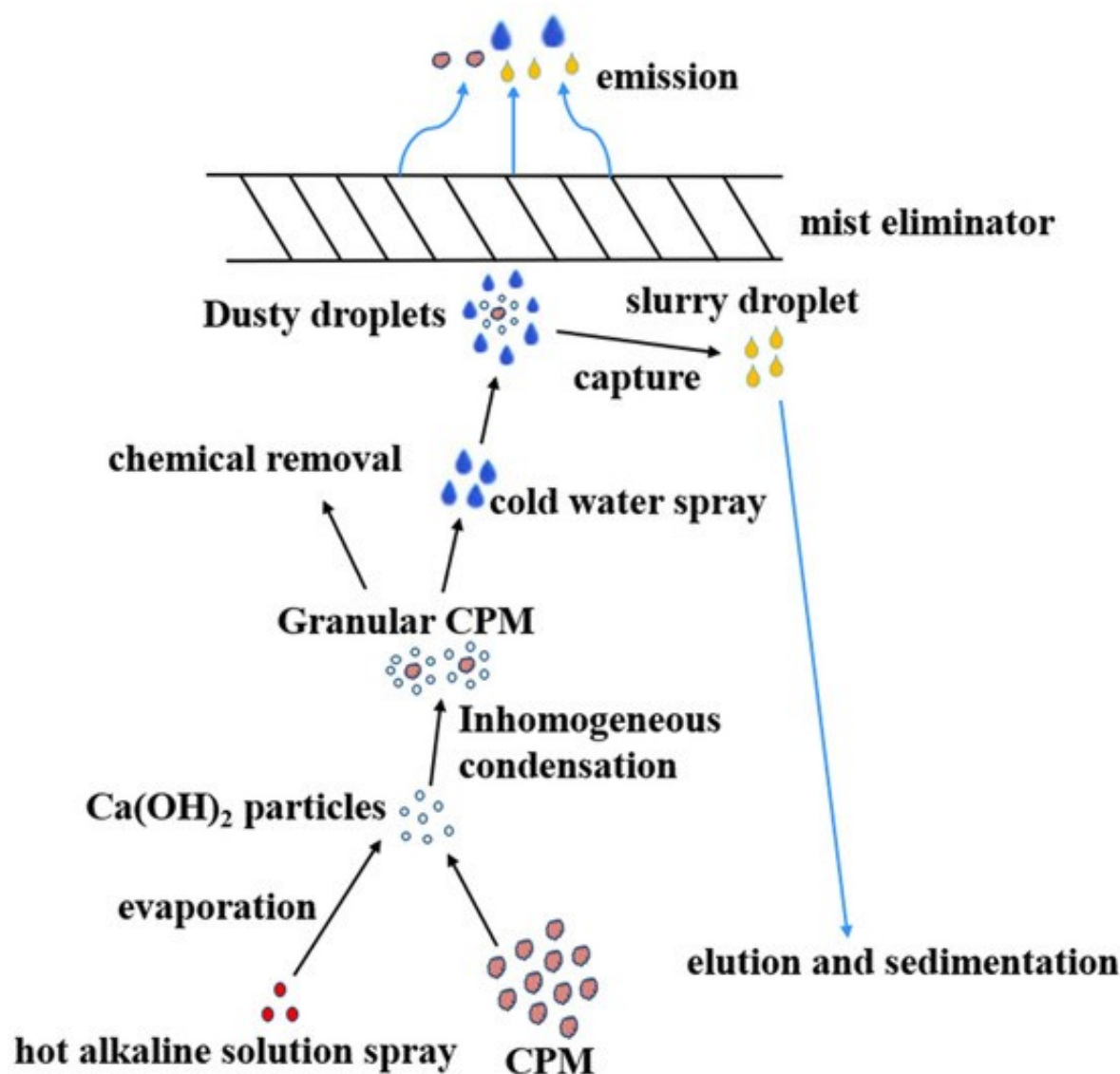


图7. 可冷凝颗粒物去除的关键机理示意图。

研究总结

本文研究了分级喷雾对湿法烟气脱硫协同高效脱除 CPM 促进效果，以及对 CPM 中可溶性离子含量的影响，得出以下结论：

(1) 利用热碱液喷雾和冷水喷雾可显著降低了 CPM 的排放浓度；

(2) 热碱液喷雾液气比的增加与温度的升高，可促进WFGD对CPM的脱除效果。冷水喷雾液气比的增加和温度的降低，可进一步促进WFGD对CPM的脱除效果。在典型操作参数下，热碱液喷雾与冷水喷雾协同作用可促进WFGD对CPM的脱除，可使CPM排放降低60-70%。

综上，本研究以直接且高效的方式解决了燃煤电厂 CPM 排放的问题，对改善空气质量并减少雾霾天气状况具有重要意义，为实际燃煤电厂WFGD协同脱除CPM 提供了理论基础和技术支持。

原文出自Separations期刊：

Tong, H.; Xu, Y.; Ren, Q.; Wu, H.; Shen, L.; Sun, M.; Yang, H. Condensable Particulate Matter Removal and Its Mechanism by Phase Change Technology During Wet Desulfurization Process. Separations 2024, 11, 330. <https://doi.org/10.3390/separations11110330>

来源：Separations

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发