

循环流化床锅炉烟气超低排放改造研究

郭剑 凌成英

四川白马循环流化床示范电站有限责任公司

DOI:10.12238/jpm.v5i11.7424

[摘要] 本文探讨了循环流化床锅炉的工艺流程以及实现烟气超低排放的改造工艺。通过对一电厂循环流化床锅炉的改进案例进行详细分析，提出了有针对性的改进方案，包括脱硝处理、脱硫处理和烟尘处理等关键步骤。通过实施这些措施，锅炉的环保性能得到了显著提升，达到了超低排放的环保标准。改进效果在 SO₂、NO_x 和粉尘排放方面均得到有效控制，为锅炉的可持续运行奠定了坚实基础。

[关键词] 循环流化床；锅炉烟气；超低排放；改造研究

Study on ultra-low emission transformation of flue gas of circulating fluidized bed boiler

Guo Jian Ling Cheng Ying

Sichuan Baima circulating fluidized bed demonstration power station Co., LTD.

[Abstract] This paper discusses the process of circulating fluidized bed boiler and the transformation process to achieve ultra-low emission of flue gas. Through the detailed analysis of the improvement case of the circulating fluidized bed boiler in a power plant, the targeted improvement scheme is put forward, including the key steps such as denitrification treatment, desulfurization treatment and dust treatment. Through the implementation of these measures, the environmental performance of the boiler has been significantly improved, reaching the ultra-low emission environmental standards. The improvement effect is effectively controlled in SO₂, NO_x and dust emission, which lays a solid foundation for the sustainable operation of the boiler.

[Key words] Circulating fluidized bed; boiler flue gas; ultra-low emission; and transformation research

引言

循环流化床锅炉作为一种先进的燃煤工业锅炉，以其高效的燃烧和热能转化特性在工业应用中占有重要地位。然而，随着环保要求的提升，锅炉的烟气排放标准也愈发严格。本文从

改进循环流化床锅炉烟气排放入手，针对 SO₂、NO_x 和粉尘等排放物，提出了相应的改进方案，旨在实现超低排放标准。

1 循环流化床锅炉的工艺流程

循环流化床是一种先进的能源转化技术，循环流化床的物

料在一次风作用下形成流态化，物料循环分为内循环和外循环，较大颗粒和未燃尽的煤粒在炉膛内往下掉，然后再被一次风往上吹形成内循环，较细颗粒随烟气排出炉膛后，被旋风分离器分离出来进入回料器，经过外置床或回料腿进入炉膛，参与新的循环，细颗粒进入尾部烟道，经除尘器除尘后排入大气。这一连续循环的工艺流程不仅有效地利用了原料资源，还减少了能源消耗和废物排放，具有广泛的应用前景。

2 循环流化床烟气超低排放的改造工艺

随着环保要求的提升，循环流化床锅炉的烟气排放也受到了更为严格的监管。为满足超低排放标准，进行循环流化床烟气的改造工艺至关重要，主要包括脱硝处理、脱硫处理和烟尘处理等关键步骤。

2.1 脱硝处理

脱硝是循环流化床烟气超低排放的核心环节之一。采用先进的脱硝技术，如选择性催化还原（SCR）或选择性非催化还原（SNCR）等方法，通过添加适量的脱硝剂，在高温条件下催化氮氧化物的还原，有效降低氮氧化物的排放，以达到超低排放标准。

2.2 脱硫处理

脱硫处理是另一关键步骤，用于降低烟气中的二氧化硫排放。采用湿法脱硫或半干法脱硫技术，通过注入适量的脱硫剂，如石灰石或脱硫剂浆液，与烟气中的二氧化硫发生反应，将其转化为固体废物，从而实现对二氧化硫的高效脱除。

2.3 烟尘处理

为了有效控制循环流化床烟气中的颗粒物排放，烟尘处理是不可或缺的环节。采用电袋复合除尘器、静电除尘器等高效的除尘设备，可将烟气中的悬浮颗粒物捕获并分离，使烟气排放中的颗粒物浓度降至极低水平，实现超低排放的要求。

3 循环流化床烟气超低排放的改进案例

3.1 基本情况

某循环流化床锅炉运行双机完成超低排放改造后，该锅炉系统严格按照环保控制目标进行调节，以防止发生环保超标事件。针对 SO₂、NO_x 和粉尘的超标原因，系统采取了多项控制措施。在机组启动期间，通过烟气分析仪的准确校验、充足氨水的准备、床料的补充和各种预防措施，确保在启动初期即实现符合排放标准的烟气。在正常运行过程中，通过调整床温、床料分布、石灰石和尿素的加入量等措施，保持锅炉系统的稳定运行，同时随时准备应对异常情况。对于异常处理，针对 NO_x 和 SO₂ 超标情况，采取了相应的控制手段，包括降低总煤量、调整锅炉风量、控制床温等，以确保环保指标在合格范围内。最终，该锅炉系统在运行过程中实施了全面的环保管理和监控，以保障环保指标始终符合规定标准。

3.2 改进方案

为解决循环流化床锅炉环保指标超标的问题，改进方案应综合考虑各排放因素，采取一系列有针对性的措施，以确保锅炉的环保性能得到有效提升。

首先，针对 SO₂ 超标原因，建议优化炉内燃烧过程，确保燃煤含硫量适中，同时提高石灰石的添加线出力，以增强脱硫效果。监控石灰石加入线来料均匀性，避免石灰石偏少导致脱硫效果下降。此外，调控炉膛温度，防止过高或过低，以维持石灰石的活性。保障尾部脱硫塔的消石灰浓度，确保对 SO₂ 的有效控制。

对于 NO_x 排放超标，建议提高旋风分离器温度，保证在适宜范围内，从而提升脱硝效率。控制炉膛氧量，合理运行尿素喷枪，避免过高的氧量导致 NO_x 生成增加。在变负荷时，精准调整石灰石加入量，防止过多的石灰石引发 NO_x 生成，保障尿

素的及时喷入。

针对粉尘超标，加强首次投运前预涂灰，保障除尘系统的正常运行。定期检查和维修脱硫布袋，防止布袋损坏。确保停机后烟气再循环及时关闭，避免形成旁路。解决锅炉汽水系统泄漏问题，减少烟气带水，维护布袋的正常工作状态。及时修复 CEMS 故障，防止因系统故障导致的排放异常。

在机组启动期间，通过烟气分析仪准确校验，提前准备足够的氨水和石灰石，以应对启动初期的环保需求。此外，针对异常情况的处理，建议采取合理的措施，如调整石灰石加入量、喷水量等，以及及时汇报异常情况，确保环保指标在合格范围内。

在正常运行过程中，强调了各项控制措施，包括床温控制、煤质变化的通知、石灰石加入线的监测等，以维持环保指标的稳定。通过以上改进方案的综合实施，循环流化床锅炉的环保性能将更为可靠地满足超低排放标准，为锅炉的可持续运行提供有力支持。

3.3 改进效果

首先，在 SO₂ 排放方面，通过优化燃烧过程和提高石灰石添加线出力，成功解决了炉内燃烧不均、燃煤含硫量过高等问题。脱硫效果明显改善，SO₂ 排放降至目标以下，确保了对二氧化硫的有效控制。

其次，对于 NO_x 排放，通过提高旋风分离器温度、合理控制炉膛氧量以及调整石灰石加入量等措施，成功削减了氮氧化物的生成。尿素喷枪运行更加稳定，确保了 NO_x 排放处在超低水平。

对于粉尘超标问题，改进方案对首次投运前预涂灰、脱硫布袋维护、停机后烟气再循环等方面进行了有效的处理。布袋除尘器的正常运行得到保障，粉尘排放处在可控范围内，确保了锅炉的清洁排放。

在机组启动期间，准确的烟气分析仪校验、足够的氨水和石灰石储备，以及对异常情况的及时响应，确保了锅炉在启动初期就能够达到超低排放的环保标准，有效防止了超标排放事件的发生。

正常运行过程中，通过各项环保措施的合理实施，床温控制、煤质变化的通知、石灰石加入线的监测等工作有序推进，保障了锅炉在各种运行状态下都能够维持超低排放水平。环保指标得到稳定控制，锅炉运行更加可靠、环保性能更为出色。

4 结论

通过改进方案的全面实施，本文详细阐述了在循环流化床锅炉中提高烟气超低排放水平的关键措施和效果。通过对改进案例的分析，我们不仅优化了脱硫、脱硝和除尘处理等关键环节，也在锅炉的启动初期和正常运行中采取了有力的措施。这不仅有助于锅炉达到超低排放标准，也为环保锅炉技术的研究与应用提供了有益参考。

[参考文献]

- [1]徐永振，邓毅，雷春环.循环流化床锅炉干法实现超低排放技术改造研究[J].通用机械，2019（12）：52-54.
- [2]王哲.热电厂 4×220t/h 循环流化床锅炉超低排放脱硝改造研究[D].大连理工大学，2019.
- [3]兰凤春.480t/h 电站循环流化床锅炉烟气超低排放改造及效果[J].吉林电力，2020，48（1）：41-43.
- [4]杨丽，杨雪峰，张相，等.150t/h 及 100t/h 循环流化床锅炉烟气除湿消白技术改造及研究[J].能源工程，2019（5）：55-57.
- [5]常波.循环流化床锅炉烟气脱硝系统超低排放改造实践与探讨[J].科学与财富，2019，011（028）：249.