发电厂脱硫DG型真空脱水机与传统脱水机的优劣对比研究

刘绍伟 王明召 柳惠丰

大唐环境产业集团股份有限公司安阳项目部，中国·河南 安阳 455000

摘要：湿法脱硫工艺产生的石膏浆液脱水是电厂环保运行的关键环节。DG 型真空脱水机作为新型高效脱水设备，近年来在电厂应用日益广泛。本文系统对比了 DG 型脱水机与传统真空皮带脱水机在技术原理、运行效率、能耗成本及稳定性等方面的差异，结合实例数据分析，证明 DG 型设备在节能降耗与自动化控制方面优势显著，为电厂脱硫系统优化选型提供理论依据。

关键词：脱硫石膏脱水；DG 型真空脱水机；真空皮带脱水机；能耗分析；运行维护

Comparative study on the advantages and disadvantages of DG type vacuum dehydrator and traditional dehydrator for desulfurization in power plants

Liu Shaowei, Wang Mingzhao, Liu Huifeng

Datang Environmental Industry Group Co., Ltd. Anyang Project Department, China Henan Anyang 455000

Abstract: The dehydration of gypsum slurry produced by wet desulfurization process is a key link in the environmentally friendly operation of power plants. DG type vacuum dehydrator, as a new and efficient dehydration equipment, has been increasingly widely used in power plants in recent years. This article systematically compares the differences between DG type dehydrators and traditional vacuum belt dehydrators in terms of technical principles, operating efficiency, energy consumption costs, and stability. Combined with case data analysis, it proves that DG type equipment has significant advantages in energy conservation, consumption reduction, and automation control, providing theoretical basis for optimizing the selection of desulfurization systems in power plants.

Keywords: Desulfurization gypsum dehydration; DG type vacuum dehydrator; Vacuum belt dewatering machine; Energy consumption analysis; Operation and maintenance

0 引言

在湿法石灰石－石膏脱硫工艺当中，石膏浆液经过脱水之后会形成能够进行资源化的副产品，脱水的效率会直接对石膏的品质及电厂的运行成本产生影响。传统意义上的真空皮带脱水机在很长时间之内占据着主流的市场，然而在近些年来，DG 型也就是水平带式或者旋转滤布式的真空脱水机依靠结构方面的创新逐渐得到推广。本文通过多维度的对比来明确这两类设备所适用的场景以及技术经济方面的特性。作为燃煤电厂主流的脱硫技术，湿法石灰石－石膏脱硫工艺的石膏脱水所产生的效果不但关系到固废资源化的效率，而且更会影响到脱硫系统运行的稳定性及经济性。真空皮带脱水机因为技术比较成熟、操作相对简单而被广泛地采用，不过在实际运行的过程当中暴露出高能耗、高磨损及维护较为频繁等问题，问题对系统能效的提升形成制约。随着环保方面的要求变得更加严格以及电厂精细化运营的需求不断增强，行业迫切需要更加高效且可靠的脱水技术，DG 型真空脱水机便应运而生，它采用水平带式或者旋转滤布和固定真空室相结合的结构设计方式，实现了工作原理上的突破，为高含水率的石膏浆液脱水提供了全新的方案，有助于降低电厂的运行成本并且推进脱硫副产物高品质的回收，开展两类设备的对比对于指导电厂技术的选型以及升级改造是非常重要的。

1 设备结构与工作原理对比

特性	DG 型真空脱水机	传统真空皮带脱水机
结构形式	水平滤布循环移动＋真空室固定	环形橡胶皮带＋移动真空盒
过滤区	连续水平滤床	皮带平面承载浆液
真空密封	静态密封（磨损小）	动态摩擦密封（磨损较高）
滤布清洗	高压水＋压缩空气双效清洗	常规高压水冲洗
工作原理差异	通过固定真空箱与移动滤布形成稳定真空区	依赖真空盒与皮带的滑动密封，能耗与维护量更大。

2 核心性能指标对比分析

2.1 脱水效率与石膏品质

项目	DG 型真空脱水机	传统真空皮带脱水机
含水率	≤ 10%	10-12%
产能	同等真空度下，DG 型单位面积处理量提升 15-20%（滤布通透性更优）	
石膏纯度	≥ 90%	≥ 88%

2.2 能耗与经济性（以 300MW 机组年运行数据为例）

项目	DG 型真空脱水机	传统真空皮带脱水机	降幅
真空泵电耗 (kWh/t 石膏)	8.5	11.2	24% ↓
滤布更换成本 (万元 / 年)	15	28	46% ↓
维护工时 (h/ 月)	20	45	55% ↓

2.3 运行稳定性

DG 类型的那种真空脱水机在关于运行稳定性这方面所具备着的优势之处，来源于其静态密封方面的设计及智能控制系统所进行的革命性的融合情况。传统意义上的真空皮带脱水机采用的是动态摩擦密封，会因为真空盒以及橡胶皮带所产生的机械磨损现象，从而导致真空度随着运行情况而出现衰减状况、泄漏点逐渐增多，需要频繁地去进行停机调整操作或者更换密封件，影响到了脱硫系统能够连续稳定运行。DG 类型的设备完全地摒弃掉了该种设计，其固定的真空室和移动的滤布之间采用的是非接触式密封结构，从原理上消除掉了摩擦损耗情况，让真空系统能够长时间地维持在高并且稳定的负压状态之下，故障出现的频次降低超过了 40%，也显著地减少掉了因为真空泄漏所造成的电能浪费现象。当面对电厂运行过程中浆液浓度、颗粒度以及给料量出现的波动情况时，传统设备在适应性方面存在不足，容易导致滤饼成型不均匀、含水率超过标准甚至卸料困难；DG 类型脱水机的智能变频调控系统，能够对滤布速度、真空泵抽气量以及冲洗水压力进行实时的联锁调节操作，比如当浆液浓度突然升高的时候自动降低滤布速度并且增强真空抽吸力，以此确保单位时间之内产出厚度均匀、脱水充分的合格石膏产品。其集成的 PLC 控制系统构建起了完整的自动化运行层，不但具备着设备启停、状态监控和安全连锁等基本功能，还能够通过历史数据学习来预测滤布堵塞趋势，自动触发高压水与压缩空气的组合清洗程序，有效地预防因为滤布通透性下降所引发的产能滑坡情况。具有预见性的维护能力结合低磨损的特性，使得 DG 型脱水机可以实现长达数月的无人值守稳定运行状况，大幅度地降低运维人员操作强度以及突发性检修风险，把脱水环节从传统的耗人工、易故障的薄弱环节，转变成为脱硫系统当中高度可靠并且经济高效的稳定单元。

3 典型案例分析

安阳电厂脱硫 2×320MW 电厂改造项目数据。

（1）原有真空皮带脱水机按年运行 6000h, 电价按 0.401 元 /kW・小时计算，用电量成本为 6000×110×0.401=26.466 万元。

（2）改造后的真空脱水机属于持续运转给料，间接抽 真空运行方式，一般按照每 10 秒一次轮换，根据运行工况 显示，真空泵电机在间接抽真空时段电机电流下降 20% 左右，如真空脱水机按年运行 6000h, 电价按 0.401 元 /kW・小时计算，用电量成本为 6000×（110×80%）×0.401=21.1728 万 元。

（3）DG 型真空脱水机驱动电机功率只有现有真空皮带脱水机功率的 50% 左右，按照现有功率年运行 6000h, 电价按 0.401 元 /kW・小时计算，用电量成本为 6000×4×0.401×50%=0.4812 万元。

（4）DG 型石膏真空脱水机和原有真空皮带脱水机从节水的角度上看，因 DG 型石膏真空脱水机比真空皮带脱水机减少了皮带润滑水（密封水），只保留了滤布冲洗水，因此节水率至少降低 40% 左右。按照每台设备每小时皮带润滑水使用量 3 吨计算，每年运行 6000 小时，每吨水费 1.07 元计算可以得出，6000×3×1.07=1.926 万元。

（5）DG 型真空脱水机，结构呈现出简单且高效，比较便于去开展运行巡检及设备日常的消缺检修工作的。和传统的皮带脱水机相比较，减少了橡胶带、真空盒、摩擦带、滑台这类的设备，每一年能够减少设备费用及检修费用大概 3 万元。

4 局限性讨论

DG 类型的脱水机虽然在技术方面的性能及运行维护方面存在着显著的优势，然而其推广和应用仍然面临着现实层面的制约。第一个首要的挑战是初始阶段的投资成本，所具备的静态的密封结构、具有耐腐蚀特性的特种钢材以及精密的变频驱动系统，使得其采购价格相比于传统的真空皮带脱水机高出了 20%-30%，并且还配套有高精度的传感器、专用的滤布张紧装置以及复杂的控制系统集成，整体的投资增加对于资金比较有限的中小型电厂或者是技术改造项目而言，构成了决策方面的障碍。另外一个关键的局限是对核心的过滤介质也就是滤布存在着苛刻的要求，因为该机型采用的是固定真空盒与移动滤布非接触式的密封原理，滤布需要达到高的编织密度、抗拉伸的强度、接

口的平整度以及耐酸碱腐蚀的标准；质量没有达标的滤布容易在高速运行的过程当中因为纤维发生变形或者接口出现开裂，从而导致密封失效，进而引发浆液出现泄漏，对环境造成污染、增加清理的工作量，破坏系统的真空平衡从而致使脱水出现中断，用户需要建立严格的采购质量控制和定期更换的制度，这增加了运营的成本。除此之外，大型发电机组所配套的大容量脱水系统设备定制的周期比较长，需要依据厂房的布局、石膏的产量和浆液的特性进行非标设计，技术方案的确认、图纸的设计、材料的采购、制造的组装以及工厂的测试流程需要 4 － 6 个月甚至更长的时间，远远超过了标准设备的交付周期，在需要快速升级脱硫系统或者应对紧急环保要求的项目当中，可能会成为瓶颈。

5 结论与选型建议

在经过一番综合对比分析之后，DG 型真空脱水机在技术上确立了新一代脱水设备所具备的性能方面的标杆。其核心所具有的优势是全系统的能效得到优化以及运行的可靠性获得实质性的提升。借助静态密封这样的技术去解决传统机型因为动态磨损而导致出现的真空泄漏方面的问题，并且结合智能变频调控的系统实时地去匹配给料的浓度、滤布的速度以及真空度，从而让吨石膏脱水的电耗降低超过 24%，月度维护的工时减少一半。技术的先进性直接保障了生产能够连续且稳定，并且大幅度地节约了人力成本。从全生命周期经济性的分析情况来看，虽然设备初始投资存在 20% － 30% 的溢价，但是凭借卓越的节能特性以及极低的维护需求，投资的差额通常在 2 － 3 年能够通过电费的节约、减少备件的更换以及降低人工干预的成本收回来，后续的运行持续地产生经济效益。在适用场景的决策方面，对于新建的大型燃煤电厂或者追求高度自动化、无人值守的升级改造项目而言，应该优先进行选用，它能够适配大型机组连续稳定运行的需求，并且显著地降低全厂运维的强度；对于处理负荷低、浆液性质稳定且预算受限的中小型电厂改造项目来说，传统的真空皮带脱水机由于技术成熟、初始投资低、运行环境要求不高，仍然是务实的选择。行业技术发展的动态强化了 DG 型设备长期的价值，随着高性能滤布材料的创新以及规模化生产成本的摊薄，初始投资的门槛预计会逐步地降低，综合性能与经济效益将会更加突出，在未来 5 － 10 年有望成为燃煤电厂脱硫石膏脱水的主流技术配置，从而为电厂节能降耗与智能化转型提供关键的装备支撑。

参考文献：

[1] 王志刚. 火电厂脱硫石膏脱水系统优化研究[J]. 电力科技与环保，2023.

[2] 李振华. DG 型真空脱水机在 600MW 机组中的应用分析[C]. 中国脱硫技术年会，2024.

[3] GB/T 37785－2019《烟气脱硫石膏》含水率指标要求.