

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例(2022年版)》之五： 机械行业节能提效技术

(一) 无油螺杆水蒸气增压技术

1. 技术适用范围

适用于机械行业热泵水蒸气制取、增压输送、乏汽增压再利用等工序节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

依靠一对相互啮合螺旋转子完成压缩机吸汽、压缩及排汽过程，实现湿压缩，向压缩过程基元内喷入冷却水，对蒸汽进行冷却。工作过程喷水冷却是实现高压比、低排汽温度的关键，喷入水与压缩蒸汽进行显热及蒸发潜热换热，对压缩蒸汽进行冷却，降低排汽温度的同时，还可使压缩过程接近等温过程，提高绝热效率；未蒸发液体水能有效密封双螺杆压缩机泄漏通道，减少压缩蒸汽泄漏，提高容积效率。无油螺杆水蒸气增压系统原理如图1所示。

3. 技术指标

- (1) 节能率： $\geq 3\%$
- (2) 设计压力：1.6兆帕；
- (3) 蒸汽产量：0.5~6吨/小时；

(4) 压缩介质：水蒸气。

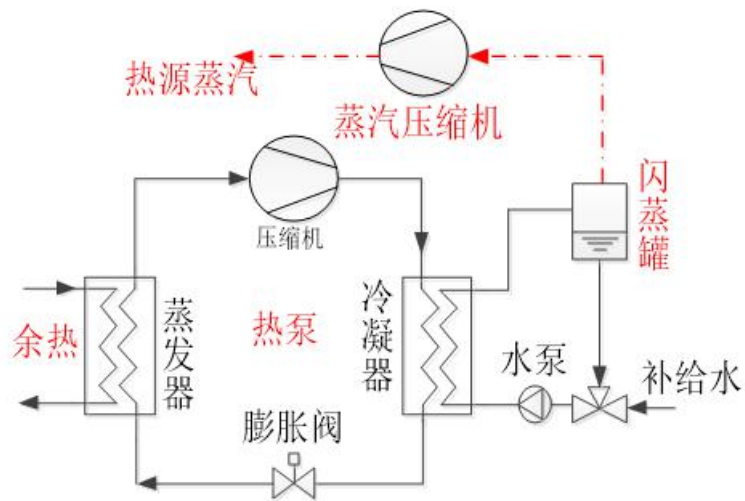


图 1 无油螺杆水蒸气增压系统原理图

4.技术功能特性

可回收工业余热及乏汽，通过增压，提升蒸汽压力，实现高压蒸汽的制取、增压输送、乏汽的增压再利用、高压差MVR系统增压等功能。

5.应用案例

该项目为研发类技术，暂无推广案例。技术提供单位为冰轮环境技术股份有限公司。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 45%。可实现节约标准煤 9 万吨/年，减排 CO₂ 25 万吨/年。

(二) 低排放柔和燃烧技术

1. 技术适用范围

适用于机械行业高效低碳燃气轮机燃烧室节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

20兆瓦燃气轮机燃烧室中采用柔和燃烧核心技术，高温烟气内部回流，提高入口空气温度到自燃温度以上，降低入口空气氧含量，反应温升降到自燃温度以下，燃烧场营造“高温低氧”反应条件，反应区分散，温度分布均匀，降低燃烧噪声，削弱锋面火焰温度，提高反应平均温度，从而减少氮氧化物排放，提高燃烧效率。柔和燃烧和传统燃烧对比分析如图2所示。

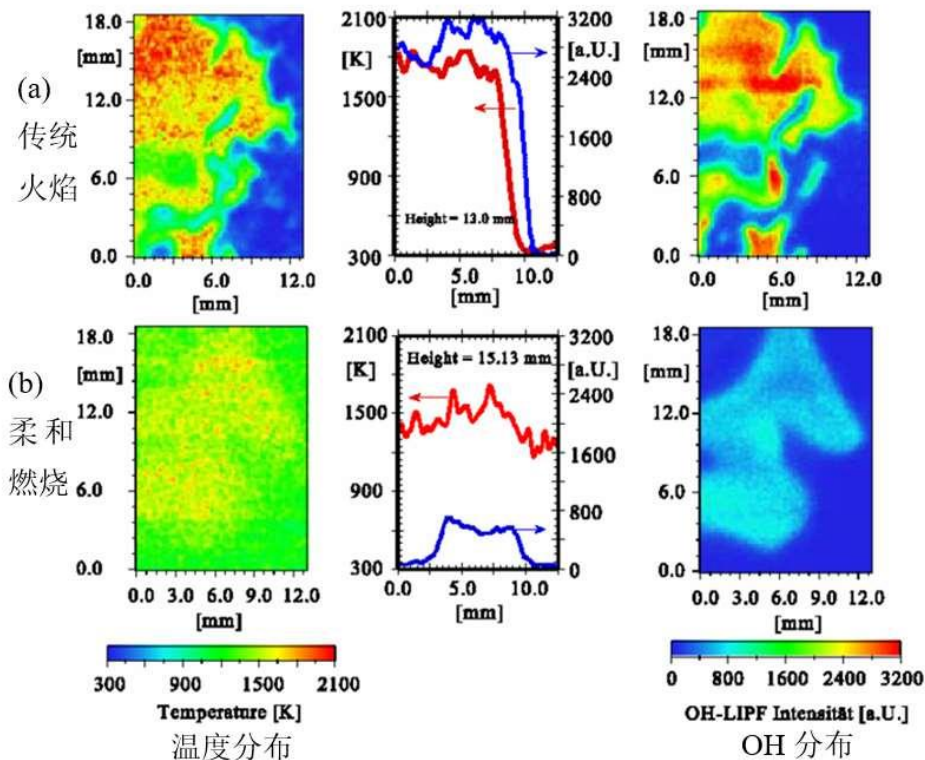


图2 柔和燃烧和传统燃烧对比分析图

3.技术指标

- (1) 燃烧效率：99.999%；
- (2) NO_x 排放：≤50 毫克/立方米；
- (3) CO 排放：≤40 毫克/立方米；
- (4) 噪音：≤95 分贝。

4.技术功能特性

采用柔和燃烧技术，高温烟气内部回流，提高入口空气温度到自燃温度以上，降低入口空气氧含量。

5.应用案例

新疆哈密广汇荒煤气综合利用年产 40 万吨乙二醇项目，技术提供单位为山东同智创新能源科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目用能设备效率为 35.2%。

(2) 实施内容及周期：采用柔和燃烧技术进行节能改造，主要完成 10 套燃烧室喷嘴设备的更换。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，设备整体效率提高 4.3%，按热负荷 20 兆瓦、年运行 5000 小时计算，可节约标准煤 1302 吨/年，减排 CO₂ 3609.8 吨/年。投资回收期 7 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 8%。可实现节约标准煤 26 万吨/年，减排 CO₂ 72.1 万吨/年。

(三) 脉冲燃气吹灰装置

1.技术适用范围

适用于电力、石化等行业各类锅炉换热面管束积灰清除领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将可燃气和空气按一定比例配成混合气充入脉冲罐内，点燃瞬间产生压能激增，罐出口定向喷嘴将压能突然释放产生冲击波、伴随声波及高温高速气流，冲击波及伴随声波具有折射、反射和绕射等特性，可从各方向对锅炉受热面上的积灰击打振疏，使其碎裂剥离，经高速气流冲刷清扫后随锅炉烟气带走。可提升换热效率，减小安全隐患，增加连续运行时间，节约燃料成本和停炉检修等成本，提升锅炉使用寿命。脉冲燃气吹灰装置结构如图 3 所示。

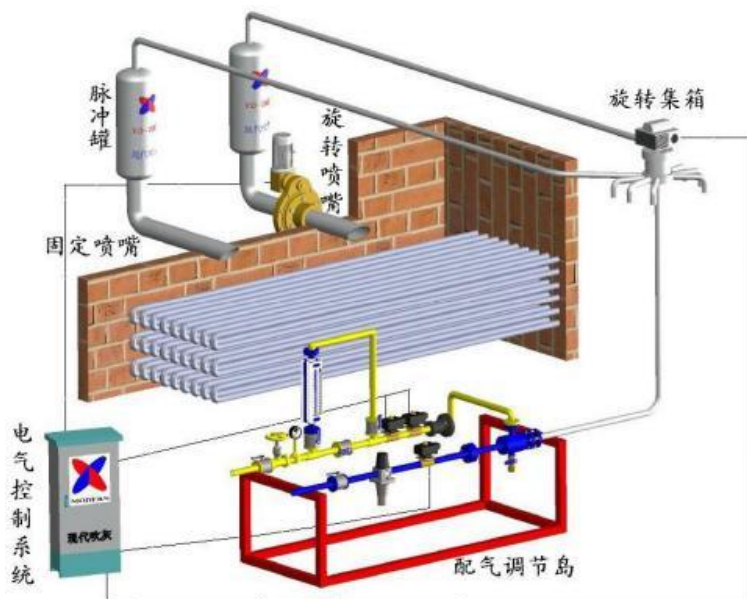


图 3 脉冲燃气吹灰装置结构示意图

3.技术指标

(1) 电功率: <0.5 千瓦;

(2) 乙炔压力: 0.08~0.14 兆帕; 乙炔流量: 4~10 立方米/小时;

(3) 空气压力: 0.3~0.8 兆帕; 空气流量: 40~100 立方米/小时。

4.技术功能特性

(1) 空气源可采用工业风、仪表风等; 燃气源可采用乙炔、氢气、天然气、液化气及炼油厂瓦斯气等;

(2) 设有多达8级防回火止爆措施, 并且精细化控制爆燃当量, 保证运行安全和吹灰效果的同时确保受热面管束及炉墙无损伤。

5.应用案例

中天合创能源有限责任公司化工分公司热电装置 1#~6#锅炉脉冲燃气吹灰项目, 技术提供单位为哈尔滨现代吹灰技术有限公司。

(1) 用户用能情况: 该项目热电装置 1#~6#锅炉均为额定蒸发量 490 吨/小时的煤粉炉, 设计排烟温度 145℃。

(2) 实施内容及周期: 每台炉安装 XD-2000 脉冲燃气吹灰装置 1 套, 含脉冲罐 36 个, 脉冲喷嘴 36 个, 配气调节岛 1 台, 旋转集箱 3 台, 电气控制系统 1 套, 管路及现场辅材 1 套。实施

周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，每次吹灰后锅炉排烟温度下降 10℃ 以上，折合提升锅炉热效率约 0.9%，按照年运行时间 8400 小时计算，节约标准煤 3.5 万吨/年，减排 CO₂ 9.7 万吨/年。投资回收期 1 年。

6. 预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 50%。可实现节约标准煤 60 万吨/年，减排 CO₂ 166.4 万吨/年。

(四) 无机矿物质全绝缘浇注母线产品节能技术

1.技术适用范围

适用于机械、电力等行业输配电系统设计选用、更新及改造。

2.技术原理及工艺

采用 90%无机矿物质与树脂混合材料，对导体实施（绝缘、防护）全浇注封闭固化成型，无金属外壳，电抗低，导热率高，延展性与导体相近，热传导效率高，温升与热电阻低。接续端机械锁紧，浇注封闭，双重锁固，无需维护。母线产品结构如图 4 所示。

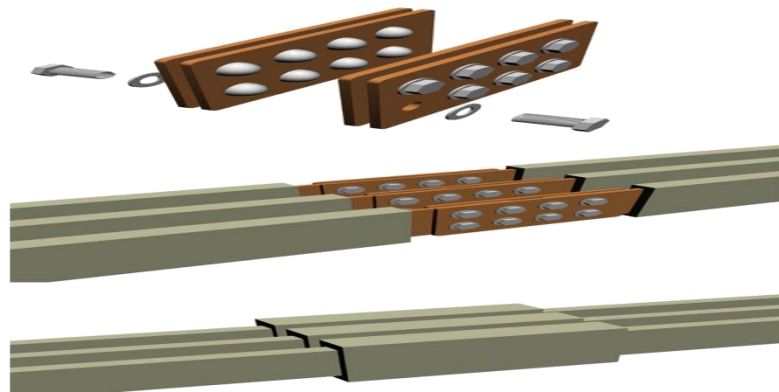


图 4 母线产品结构示意图

3.技术指标

- (1) 节能率：8%~30%；
- (2) 湿度范围：0~100%；
- (3) 温度范围：-50~70℃；
- (4) 耐老化：60年。

4.技术功能特性

- (1) 工况相同，导体用量相比传统母线节省 8%~20%;
- (2) 工况与电流密度相同，载流量相比传统母线大 10%~20%;
- (3) 同规格母线，体积小 1/2 (低压) ~1/10 (中压)。

5.应用案例

茂名石化化工电气更新火山岩浇注母线改造项目，技术提供单位为江苏巴斯威节能科技有限公司。

(1) 用户用能情况：中国石油化工股份有限公司茂名分公司原采用传统母线，温升高，防护能级低，故障频发。

(2) 实施内容及周期：采用无机矿物质全绝缘浇注母线产品分别对 11 条问题线路进行全面升级改造。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，单位能耗显著降低，节约电量 66.9 万千瓦时/年，节约铝合金型材 541.5 千克/年，折合节约标准煤 207.5 吨/年，减排 CO₂ 575.3 吨/年。投资回收期 4 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 3%。可实现节约标准煤 19 万吨/年，减排 CO₂ 52.7 万吨/年。

（五）配电网用节能环保型铝合金电力金具

1.技术适用范围

适用于机械、电力行业配电网线路金具节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用碳纳米管作为纳米增强相，开发适用于暴露复杂环境下和长期户外工作高强度铝合金电力金具，兼具低磁损、环保耐腐蚀、质量轻、强度高等特点。表面无需热镀锌防护，减少线路中金具引起电能损失。铝合金电力金具工艺流程如图 5 所示。



图 5 铝合金电力金具工艺流程图

3.技术指标

- (1) 能耗：5.9 瓦；
- (2) 表面防腐无需特殊处理；
- (3) 破坏载荷：119 千牛；
- (4) 质量：0.4 千克。

4.技术功能特性

- (1) 可降低线路中金具引起的电能损失，实现节能降耗；

(2) 金具表面无须进行热镀锌;

(3) 与传统铸铁金具相比,重量减轻一半,破坏载荷提升30%以上,运输、安装和维护方便,提升线路安全可靠。

5.应用案例

国网山西省电力公司低压线路及配变台区新建工程项目,技术提供单位为国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司。

(1) 用户用能情况:该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期:本工程的线路总长度为7.3千米;采用JKLYJ-10kV-1×240mm²导线的线路长6.9千米;采用ZRA-YJV22-8.7/15kV-3×300导线的线路长0.5千米,新装柱上自动化成套装置2套。实施周期2个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期:改造完成后,据测算,可节约电量20万千瓦时/年,折合节约标准煤62吨/年,减排CO₂171.9吨/年。投资回收期8年。

6.预计到2025年行业普及率及节能减排能力

预计到2025年行业普及率可达到70%。可实现节约标准煤33万吨/年,减排CO₂91.5万吨/年。

(六) 2160Mpa 级超高强度钢丝用线材在线盐浴热处理

装备及工艺

1.技术适用范围

适用于钢铁行业冶炼工序钢丝用线材在线盐浴热处理工艺节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过加热系统将储盐盐槽熔盐加热到热处理所需温度，高温轧制线材通过旋转辊道进入工作盐槽，900℃高温线材进入熔盐后迅速降温至工作熔盐温度，经过一定时间热处理后，线材完成索氏体转变，最后离开工作盐槽，进入到常温辊道输送，进行自然冷却。相比传统离线热处理设备，新设备通过直接在线热处理，既省略线材二次加热，又可以将线材自身携带余热进行回收利用。钢丝用线材在线盐浴热处理工艺流程如图 6 所示。



图 6 钢丝用线材在线盐浴热处理工艺流程图

3.技术指标

(1) 生产效率：100 吨/小时；

(2) 工作温度范围控制精度： $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；

(3) 辊道线速度：0.1~0.5 米/秒；

(4) 储盐能力：150 吨；

(5) 工作熔盐液位高度及控制精度：不低于 250 毫米，且高度可调。

4.技术功能特性

(1) 可通过直接在线热处理，既省略线材二次加热，又可以将线材自身携带余热进行回收利用；

(2) 熔盐储盐槽可稳定均匀散热。

5.应用案例

青岛特殊钢铁有限公司产品四高线在线盐浴改造项目，技术提供单位为中国重型机械研究院有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目制造 2160 兆帕级超高强度线材需普通线材生产线和离线盐浴生产线共同作用，能耗 5.3 亿千瓦时/年。

(2) 实施内容及周期：对原有的线材风冷线进行改造，移除风冷线，安装移动台车，在台车上安装风冷线风机辊道和在线盐浴设备（传动系统、熔盐循环系统、加热系统、保温系统、清洗系统），安装冷却系统、储盐系统、盐水分离系统、排烟系统、

液压、电气系统。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据统计，节约电量为 5000 万千瓦时/年，折合节约标准煤 1.6 万吨/年，减排 CO₂ 4.4 万吨/年。投资回收期 1 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到2025年行业普及率可达到80%。可实现节约标准煤10万吨/年，减排CO₂ 27.7万吨/年。

(七) 工业加热炉炉内强化热辐射节能技术

1.技术适用范围

适用于机械行业工业加热炉节能技术改造。

2.技术原理及工艺

炉内强化热辐射节能技术适用于高温加热炉及热处理炉（800℃以上），在不改变原炉体结构情况下，增大炉壁对工件有效辐射面积，提高并均匀化炉壁黑度，从而提高炉膛向工件传热导热辐射系数，可降低加热炉能耗，同时工件受热更均匀，提高产品加热质量。炉内强化热辐射工作原理如图7所示。

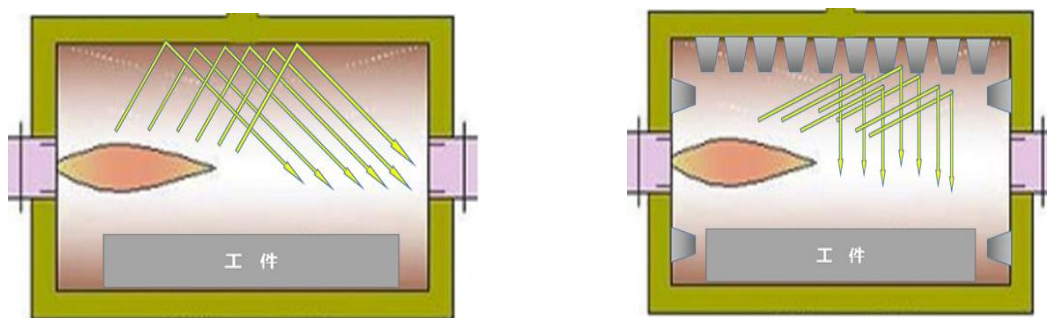


图7 炉内强化热辐射工作原理图

3.技术指标

- (1) 平均节能率： $\geq 10\%$;
- (2) 加热炉产量提高;
- (3) 炉温均匀性提高。

4.技术功能特性

- (1) 不需对原炉膛结构进行改动，在加热炉计划内停炉检

修期间即可实施，不影响生产；

(2) 采用热送热装、无头轧制、蓄热燃烧等技术，实现节能率10%以上。

5.应用案例

邯钢集团热轧卷板 2250 线 4 座加热炉节能改造项目，技术提供单位为北京恩吉赛威节能科技有限公司。

(1) 用户用能情况：该生产线共四座加热炉，产能 500 万吨/年，消耗煤气量达到 7.2 亿立方米/年，能耗高，钢温均匀性较差。

(2) 实施内容及周期：将一定数量高辐射系数（0.95 以上）的黑体元件，安装在轧钢加热炉内炉顶和侧墙，增加辐射面积。实施周期 40 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，平均吨钢混合煤气消耗量降低 10.7%。按照该生产线产量 500 万吨/年计算，折合节约标准煤 2.5 万吨/年，减排 CO₂ 6.9 万吨/年。投资回收期 1 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 30%。可实现节约标准煤 50 万吨/年，减排 CO₂ 138.6 万吨/年。

（八）新型智能轨道电动机车技术

1.技术适用范围

适用于冶金行业轨道运输节能技术改造。

2.技术原理及工艺

机车采用电池组作为动力源，驱动电机采用直接驱动技术，无需齿轮箱，减少传动损耗，提高系统可靠性，降低维护成本。整车通过油改电技术改造，相同距离消耗燃料费用对比传统内燃机车少。

3.技术指标

- （1）锂电池容量：640 千瓦时；满载续航里程：120 千米；
- （2）直流充电桩：慢充 80 千瓦，快充 300 千瓦；
- （3）机车最大速度：20 千米/小时；
- （4）遥控有效距离：500 米。

4.技术功能特性

（1）整车驱动装置采用640千瓦交流永磁同步电机，电机轴与机车驱动轴同轴的驱动方式可有效减少机械传动环节能源消耗，提高电机有效使用效率，最大转矩约额定值300%，带重载启动强劲有力；

（2）整车配备一台300千瓦直流快充和一台80千瓦慢充，快充可在2个小时内将电池组充满，缩短充电时间；

（3）新型机车将活塞制动空压机升级改造为螺杆空压机，

保留传统空气制动和手动制动，另外可以利用电动机的回馈制动，提高机车制动安全性能。

5.应用案例

南钢新型充电式智能轨道机车项目，技术提供单位为国网江苏综合能源服务有限公司。

(1) 用户用能情况：南钢第二炼铁厂原有 3 台机车共同作业，均为 GK1E 型内燃机车，主要用于铁水兑罐及运输。机车平均行驶里程约 40 千米/天。

(2) 实施内容及周期：对 GK1E 型内燃机车进行柴油机及液力传动装置拆除，仅保留车架部分，然后安装整车控制器、电池系统、主驱动器、永磁电机。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据统计，每台机车可节约标准煤 133 吨/年，减排 CO₂ 368.7 吨/年。投资回收期 33 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 1%。可实现节约标准煤 11 万吨/年，减排 CO₂ 30.5 万吨/年。

（九）自卸车全电驱动技术

1.技术适用范围

适用于工程或矿山自卸车设备节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过大功率快充快放锂电池替代传统柴油发动机组和发电机作为动力源，结合车辆管理系统和电池能量管理系统，在车辆进行电制动时，将交流牵引电机产生的电能对动力电池进行充电，实现车辆续航能力提升。全电驱动自卸车工作原理如图 8 所示。

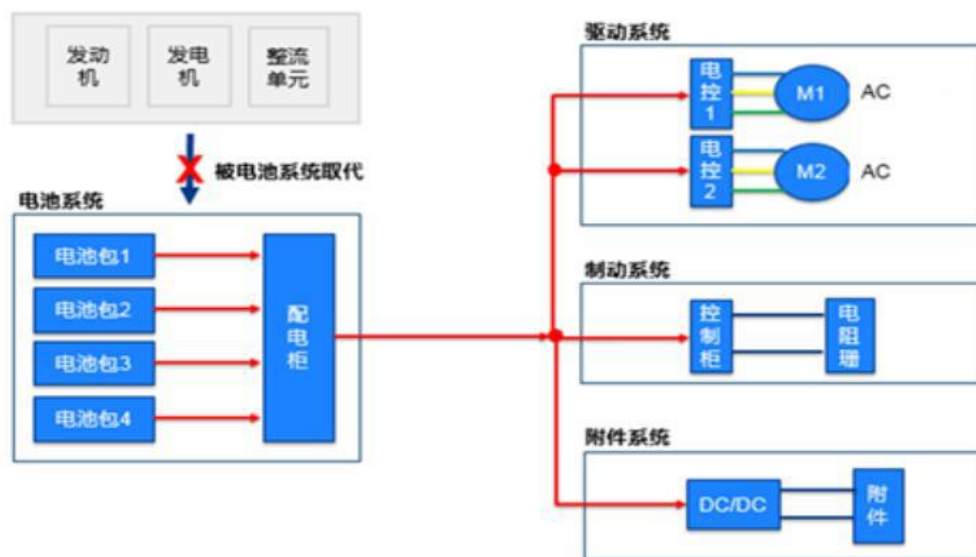


图 8 全电驱动自卸车工作原理图

3.技术指标

- （1）能源消耗（燃油）降低：70%；
- （2）0~30 千米/小时平道加速时间提升 37.8%；
- （3）运载能力提升 11.1%，电池续航里程： ≥ 70 千米；

(4) 车辆运行驾驶室内噪音：72.8 分贝（开窗测试）。

4.技术功能特性

(1) 采用智能控制技术，降低车辆运行过程中辅机的能量损耗；

(2) 采用回馈智能控制技术，充分回收制动能量；

(3) 整车运行效率高、电池寿命长。

5.应用案例

国家电投内蒙古霍林河露天煤业股份有限公司纯电改造项目，技术提供单位为湘电重型装备有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目原采用传统矿用自卸车燃油动力系统，能耗高。

(2) 实施内容及周期：对一台传统燃油电动轮自卸车进行全电驱动技术改造。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据统计，实际工作效率为同吨位燃油车的 91.8%，减少燃油消耗 136 吨，折合节约标准煤 198.6 吨/年，减排 CO₂ 550.5 吨/年。投资回收期 3 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 35%。可实现节约标准煤 37 万吨/年，减排 CO₂ 97 万吨/年。