

## 附件

# 《国家工业节能技术应用指南与案例（2020）》 之十三：轨道交通等其他工业节能技术

## （一）铜包铝芯节能环保电力电缆

### 1. 技术适用范围

适用于输配电线路节能技术改造。

### 2. 技术原理及工艺

对原材料（铜带和铝芯线）进行彻底的焊前处理，除去表面的油脂和氧化层，然后将高品质铜带同心地包覆在铝杆的外表面，铜带在多对垂直成型轮和水平成型轮的作用下，沿纵向逐步形成圆管状，并将铝芯线包覆其中，通过处理形成牢固的原子间的冶金结合，通过高速氩弧焊方法将圆管的纵缝焊接起来，形成铜包铝线坯，通过拉丝模拉拔形成规定直径的导线，最后通过热处理使铜包铝线的力学性能满足要求。在同等载流情况下，线缆温升高，线损小，减少电能损耗 5%~10%，与单纯铜芯导体线缆相比价格降低，可降低采购成本 20%以上。工艺路线图如下：



### 3.技术指标

- (1) 节电率：5%~10%。
- (2) 成本降低：20%。
- (3) 节约铜：50%。
- (4) 质量小：30%。

### 4.技术功能特性

铜包铝芯节能环保电力电缆，首先在产品工艺方面可以降低成本 20%，其次在应用过程中可降低用电量 5%~10%，再次产品在生产、运输、安装及应用可减少碳排放。

### 5.应用案例

中国建材集团北方水泥大连金刚天马水泥有限公司节能电缆改造安装项目，技术提供单位为大连沈特能源投资管理有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：中国建材集团北方水泥大连金刚天马水泥有限公司年产 150 万 t 水泥，年用电量约为 3000 万 kW·h。

(2) 实施内容及周期：对其粉磨站、配料间、提升泵等更换铜包铝芯节能电力电缆。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：年用电量约为 1000 万 kW·h，年综合节电率 5%，按 325gce/kW·h 计算节能量，则年节约标煤 163t，减排 CO<sub>2</sub>450t/a。该项目综合年效益合计为 27.83 万元，总投入为 155 万元，投资回收期约 5.6 年。

### **6.未来五年推广前景及节能减排潜力**

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 42 万 tce/a，减排 CO<sub>2</sub> 116.4 万 t/a。

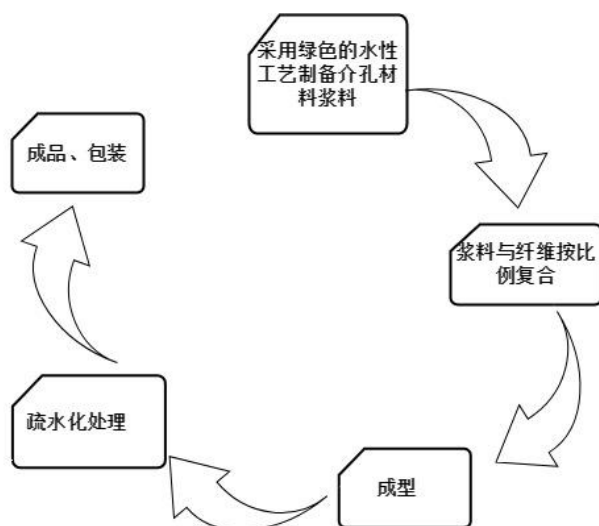
## **(二) 介孔绝热材料节能技术及应用**

### **1.技术适用范围**

适用于隔热保温领域节能技术改造。

### **2.技术原理及工艺**

以介孔材料为主，辅以无机纤维以及添加剂制备介孔复合绝热材料，利用介孔绝热材料的纳米孔道结构，从热传导、热对流以及热辐射三个方面对热量传递进行有效阻隔，从而获得优异的绝热性能，节能效果显著。工艺路线图如下：



### 3.技术指标

(1) 导热系数:  $\leq 0.033 \text{ W/m.K}$  (  $300^\circ\text{C}$  )、 $\leq 0.047 \text{ W/m.K}$  (  $500^\circ\text{C}$  )。

(2) 燃烧性能:  $\text{A}_1$  级不燃。

(3) 憎水率:  $\geq 98\%$ 。

(4) 体积吸水率:  $\leq 0.6\%$ 。

(5) 耐高温性:  $\geq 1000^\circ\text{C}$ 。

### 4.技术功能特性

(1) 使用工况下的导热系数仅为传统材料的二分之一或更低, 可节约能源  $25\% \sim 50\%$ 。

(2) 具有独特的孔道结构, 可调整孔壁厚度, 绝热效果优异。

(3) 生产过程均在水性条件下进行, 采用绿色的生产工艺, 环保、无污染。

(4) 生产工艺简单, 成本低, 经济性佳, 具备大规模推广的基础。

## 5.应用案例

宁波中金石化有限公司供 PTA 蒸汽管线保温项目，技术提供单位为常州优纳新材料科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：宁波中金石化有限公司 PTA 管道保温项目，管径为 DN325，原包裹方案为 250mm 厚的硅酸铝，平均环境温度 29.1℃ 的情况下，外表面平均温度为 33.59℃，保温效果较差。

(2) 实施内容及周期：对宁波中金石化有限公司 PTA 管道使用介孔复合材料进行节能改造。实施周期 20 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：介孔材料复合保温方案散热量比传统方案散热损失小 30% 左右，折合年节约标煤 1124t，减排 CO<sub>2</sub> 3116.3t/a。该项目综合年效益合计为 200.49 万元，总投入为 124.26 万元，投资回收期约 7 个月。

## 6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 28 万 tce/a，减排 CO<sub>2</sub> 77.63 万 t/a。

### (三) 双源热泵废热梯级利用技术

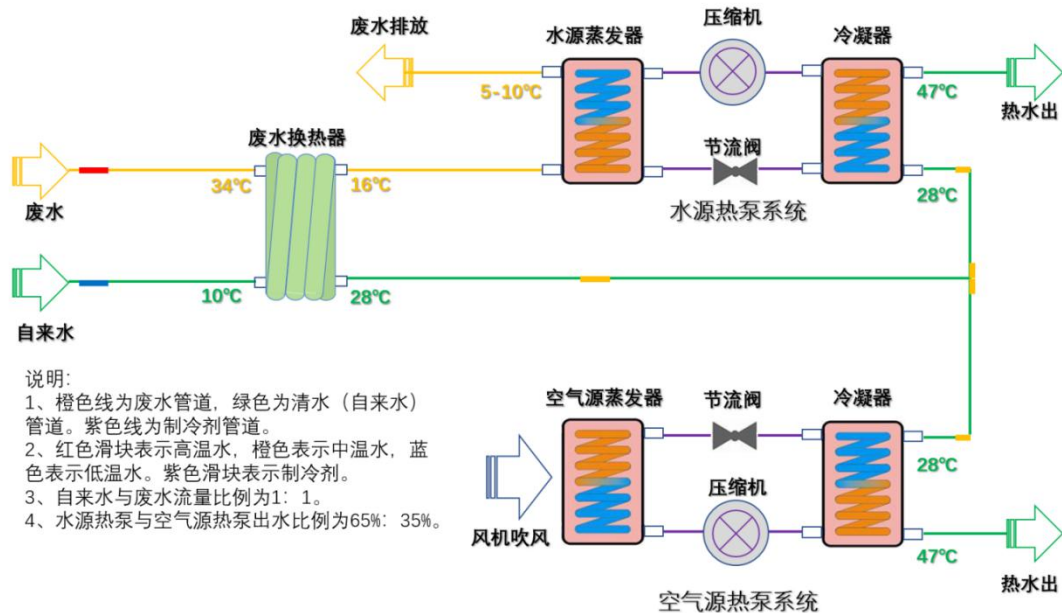
#### 1.技术适用范围

适用于低温热水供应领域节能技术改造。

#### 2.技术原理及工艺

通过双源热泵充分利用洗浴废水废热制取热水，废热水通过换热器，将冷水从 8~15℃ 提升至 28℃ 左右，再经水源热泵（或空气源热泵）冷凝器二级加热，达到 45℃ 左右，系

统实现了废热水的废热梯级利用、水源与空气源互补，全年平均 COP 达 5.5，节能效果显著。工艺流程图如下：



### 3.技术指标

- (1) 制热性能系数： $\geq 6.0$ 。
- (2) 废水排放温度最低： $5^{\circ}\text{C}$ 。

### 4.技术功能特性

(1) 本技术具有空气源、水源两种制热水模式，二者优势互补。

(2) 废热水作为主要热源，不受季节、环境影响，一年四季均可正常运行，产水量稳定，可靠性高。

### 5.应用案例

淮阴师范学院学生浴室节能改造项目，技术提供单位为江苏恒信诺金科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：学院拥有长江路、交通路 2 个校区，有学生 15000 余人，原使用 3 台 4t/h 燃煤蒸汽锅炉为学生洗浴供应热水。

(2) 实施内容及周期：使用双源热泵废热梯级热水系统制取热水供学生洗浴。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造前煤耗  $0.40\text{kg/t}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，改造后降为  $0.11\text{kg/t}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，折合年节约标煤 425t，减排  $\text{CO}_2$  1180t/a。该项目综合年效益合计为 116 万元，总投入为 368 万元，投资回收期约 3.2 年。

## **6.未来五年推广前景及节能减排潜力**

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 9 万 tce/a，减排  $\text{CO}_2$  25 万 t/a。

## **(四) 城轨永磁牵引系统**

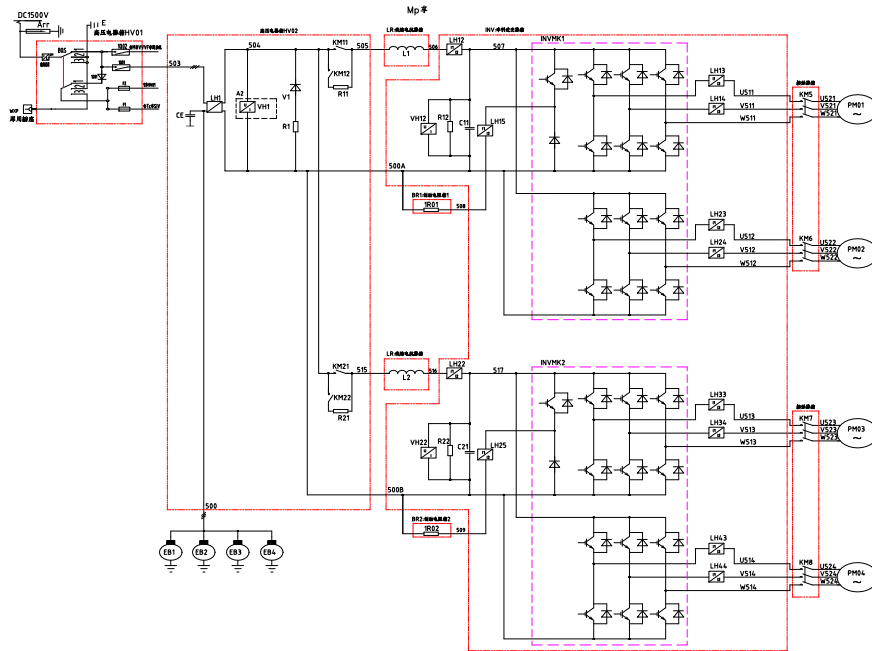
### **1.技术适用范围**

适用于城市轨道交通等行业节能技术改造。

### **2.技术原理及工艺**

城轨永磁牵引系统基于永磁控制技术，设备包括司机控制器、高压电器箱、滤波电抗器、VVVF 逆变器、制动电阻、牵引电机、齿轮驱动装置及联轴节等。其中，牵引电机采用永磁同步电机，体积小、重量轻，具有高功率因数、高效率的特点。主要功能是将外部 DC1500V/DC750V 输入电源逆变成频率、电压均可调的三相交流电，为永磁同步电机供电，驱动永磁同步电机并使得列车能够向前、向后进行牵引和制

动，永磁牵引系统节能率高达 30%，是下一代牵引系统的发展方向。技术原理图如下：



### 3.技术指标

(1) 永磁牵引系统：

额定输出容量：4×275kVA；

最大输出容量：4×700kVA；

额定输出电流：4×190A。

(2) 永磁牵引电机：

额定功率：230kW；

额定转速：1900r/min；

额定效率：97%。

### 4.技术功能特性

(1) 通过系统仿真、系统动态测试等手段，建立了永磁同步牵引系统研发与集成设计平台，实现系统最优化设计。



(2) 采用无位置传感器控制方法，提高了系统可靠性。

(3) 采用了永磁电机参数自动辨识和在线预警技术，融合在线检测保护策略，保障系统和部件可靠性。

## 5.应用案例

长沙地铁 1 号线永磁牵引系统项目，技术提供单位为株洲中车时代电气股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：该项目为新建项目，长沙地铁 1 号线全长 23.55km，共设 20 座车站，采用 6 节编组 B 型列车，拥有 22 列异步牵引系统列车。平均每列车年运营里程约 12 万公里，列每公里能耗约为 11kW·h，列车共计年用电量为 2904 万 kW·h。

(2) 实施内容及周期：项目为长沙市轨道交通集团有限公司提供 DC1500V 供电、4 动 2 拖 6 编组、80km/h 地铁车辆全套永磁牵引系统设备，该列车编入既有异步牵引系统列车中并进行同等条件载客运营。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：相比于异步牵引系统列车，单套永磁牵引系统每年可节电 39.6 万 kW·h 以上，折合年节约标煤 128t，减排 CO<sub>2</sub> 350 万 t/a。该项目综合年效益合计为 33.92 万元，总投入为 85 万元，投资回收期约 2.5 年。

## 6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 20 万 tce/a，减排 CO<sub>2</sub> 55.5 万 t/a。

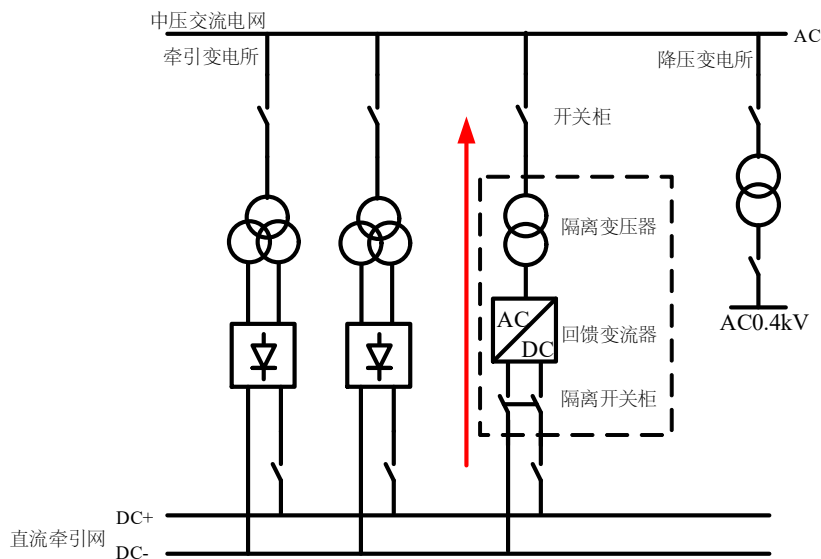
## （五）地铁再生制动能量回馈关键技术与应用

### 1. 技术适用范围

适用于城市轨道交通等行业节能技术改造。

### 2. 技术原理及工艺

采用全控型 IGBT 器件及 PWM 控制技术，将车辆制动产生的直流电能转换为交流电能，回馈到中压交流电网，供整条线路的车辆及车站负荷利用，系统通过电压判断出车辆是否处于制动状态，当检测到车辆制动时迅速开启逆变回馈状态，将制动能量回馈到交流电网，制动结束后切回待机状态，等待下一次制动，节能效果明显。技术原理图如下：



### 3. 技术指标

- (1) 直流电压：1500V。
- (2) 启动电压：1720V。
- (3) 交流额定电压：3×AC900V。
- (4) 交流额定频率：50Hz。

(5) 满载效率:  $\geq 97\%$ 。

(6) 功率因数:  $\geq 0.99$  (额定功率)。

(7) 电流谐波:  $\leq 3\%$  (额定功率)。

#### 4.技术功能特性

(1) 根据直流牵引网电压的不同,再生制动能量回馈装置可以在待机状态和逆变回馈状态两种工况下自动切换。

(2) 当直流牵引网电压大于回馈电压阈值时,回馈变流装置立即进入逆变运行状态,将制动能量回馈至中压交流电网,并将直流牵引网电压稳定在回馈阈值电压。

#### 5.应用案例

郑州地铁 1 号线再生制动能量吸收项目,技术提供单位为许继集团有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明:该项目为新建项目,郑州地铁 1 号线一期全长 26.2km,设置车站 20 座,车辆为 4 动 2 拖 B2 型车,最高速度 80km/h。

(2) 实施内容及周期:该项目安装 1 套能耗电阻吸收装置,并在 4 个牵混所各加装 1 套逆变回馈装置,在 4 个牵混所的线路上各安装 1 套 1.2MW 再生能量逆变回馈装置。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期:据电表统计,每个站的逆变回馈装置日均节电量约为 1200kW·h,每年每台设备可节电 43 万 kW·h 以上,年节约总电量约 172 万 kW·h,折合年节约标煤 568t,减排 CO<sub>2</sub> 1575 万 t/a。该项目综合年效益合计为 177.4 万元,总投入为 759 万元,投资回收期约

4 年。

## 6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 8.9 万 tce/a，减排 CO<sub>2</sub> 24.7 万 t/a。

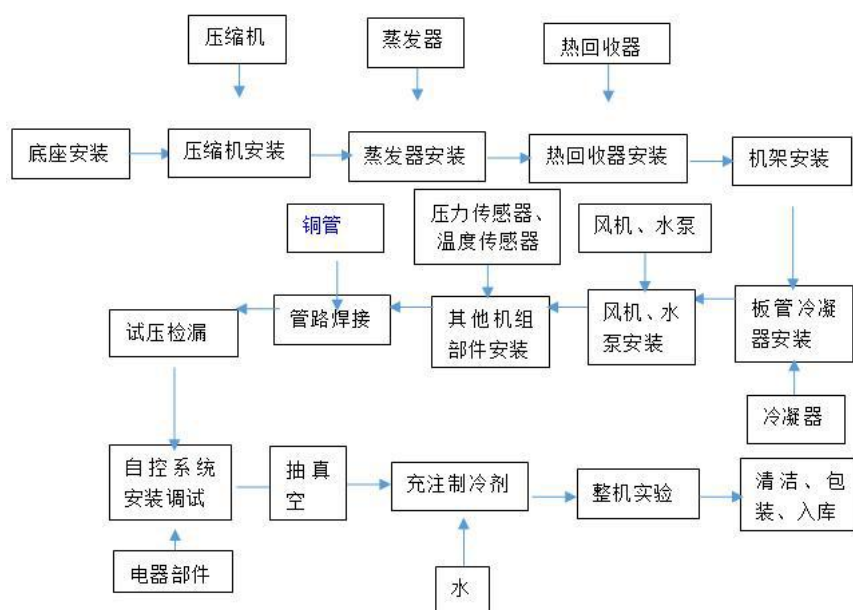
### (六) 板管蒸发冷却式空调制冷技术

#### 1.技术适用范围

适用于工业制冷领域节能技术改造。

#### 2.技术原理及工艺

采用板管蒸发式冷却及平面液膜换热技术，以板管蒸发式冷凝器取代传统的盘管型蒸发式冷凝器，改善流体流动状况，增大流体对冷凝器表面的润湿率及覆盖面积，提升蒸发式冷凝器传热与流阻性能，单位面积换热量提高 15%，风机功率降低 50%，设备体积节省 30%。工艺路线图如下：



### 3.技术指标

(1) 双级双通道蒸发冷却机组冷冻水供回水温差 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ，全年自然冷源利用率提高 15%。

(2) 高密度水蓄冷装置蓄冷温差提高  $3^{\circ}\text{C}$ ，蓄冷品质因数 $\geq 92\%$ 。

(3) 大温差高温供冷空调末端冷冻水供水温度 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ ，进出风温差 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 。

### 4.技术功能特性

实测能效比超过了 1 级能效 48.2%，比水冷冷水机组的 COP 高约 10%，SCOP 高 16.3%。

### 5.应用案例

广州大学城科学中心空调系统节能改造项目，技术提供单位为广州市华德工业有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：广州大学城科学中心总建筑面积约为  $13900\text{m}^2$ ，建筑设计冷负荷为  $2200\text{kW}$ 。该建筑的冷源采用 4 台额定制冷量为  $315\text{kW}$  的蒸发式冷凝螺杆冷水机组。

(2) 实施内容及周期：对 4 台蒸发式冷凝螺杆冷水机组进行板管蒸发式冷凝器节能技术改造。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：与风冷冷水机组空调系统相比，年节约标煤 54t，减排  $\text{CO}_2$   $150\text{t/a}$ 。该项目综合年效益合计为 43.87 万元，总投入为 160 万元，投资回收期约 3.7 年。

### 6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50%，可形成节能 8.5 万 tce/a，减排 CO<sub>2</sub> 23.57 万 t/a。