

附件 4

《国家重点节能技术推广目录》第 7 批

技术报告

目 录

1 基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术	1
2 基于架空地线绝缘接地方式的交流输电线路节能技术	4
3 大容量高参数褐煤煤粉锅炉技术	7
4 一种高效利用超低热值煤矸石的循环流化床锅炉技术	10
5 全密闭矿热炉高温烟气干法净化回收利用技术	13
6 大型焦炉用新型高导热高致密硅砖节能技术	17
7 高炉冲渣水直接换热回收余热技术	21
8 高电流密度锌电解节能技术	25
9 芳烃装置低温热回收发电技术	29
10 黄磷生产过程余热利用及尾气发电（供热）技术	32
11 水性高效隔热保温涂料节能技术	37
12 无动力防卡筛及配套骨料前端砂石同产工艺技术	40
13 金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶节能技术	43
14 防眩光高效 LED 路灯节能技术	47
15 基于 LED 发光特性的广告灯箱节能技术	51
16 基于二级变频控制驱动的 XED 灯节能技术	54
17 三相工频感应电磁锅炉技术	57
18 热转印标识打印技术	60
19 基于减小螺旋桨运动阻力的船舶推进系统节能改造技术	63
20 基于冷却塔群变流量控制的模块化中央空调节能技术	66
21 低辐射玻璃隔热膜及隔热夹胶玻璃节能技术	70
22 机房智能直冷优化应用技术	73

1 基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术

一、技术名称

基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术

二、技术所属领域及适用范围

电力行业 电网输变电线路

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国高低压输电线路常采用限流电抗器和串补电容器来防止短路冲击，降低线路损耗，改善电压的质量。近年来，随着我国电网规模不断扩大，电力系统的短路容量不断增加，限流电抗器应用比例逐年增加。在电网系统发生短路故障时，限流电抗器可起到减少冲击电网设备的作用，但由于其串接在电网中会产生大量热损耗，导致线损增加，造成电能损失。经测算，一组限流电抗器年损耗电能就可达几十万到数百万千瓦时。串联电容器可以解决输电线路末端电压质量不合格及网损过大问题，但由于串补电容技术具有造价高、占地大、维护不便等局限性，使串补电容器装置难以大范围推广应用。该技术可实现限流电抗器在线路运行时的零损耗，并可在发生短路电流时实现快速动作切换，让限流电抗器串接到回路电网中以减少短路电流对设备的电网冲击。同时，可避免短路时大电流和高电压冲击电流对串补电容的冲击，降低串补电容的容量积及成本，缩小体积，方便维护，为大范围推广应用串补电容技术创造条件。

四、技术内容

1. 技术原理

基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术的核心是快速开关与快速判断控制技术的结合。快速开关技术可以在绕路短路后20ms内将电抗器串入，限制短路电流，减少短路电流对电网设备的冲击；而正常运行时快速开关将限流电抗器短接，避免电能损耗，使电网运行更高效。快速判断控制技术可在出现短路故障后将串补电容器快速短接，可降低电容器的安装容量，大幅度降低串补电容器的成本，进而提高串补电容技术的应用比例。该技术具有低成本、小型化、免维护等优点，便于推广应用。

2. 关键技术

(1) 快速涡流驱动技术

涡流驱动机主要由灭弧室、分合闸线圈以及位于分合闸线圈之间的涡流盘等组成。送电后充电电源向分（合）闸储能电容充电，分（合）闸时可控硅接通储能电容与分（合）闸线圈的放电回路产生脉冲电流，脉冲磁场在涡流盘中感应涡流，通过对涡流磁场产生的排斥力驱动涡流盘，并通过连杆带动灭弧室动触头完成分（合）闸动作。

(2) 短路故障快速识别技术

当短路故障发生时，控制器可在 2ms 内通过专用算法快速检测到短路电流超过设定值，分别控制各相开关在每相短路电流过零前分闸，将限流电抗器串入，短路电流被限制到较低的水平。

3. 工艺流程

快速控制技术对串补电容器和限流电抗器的快速投切原理分别见图 1 和图 2，图中 K_1 接电源侧， K_2 接负荷侧。

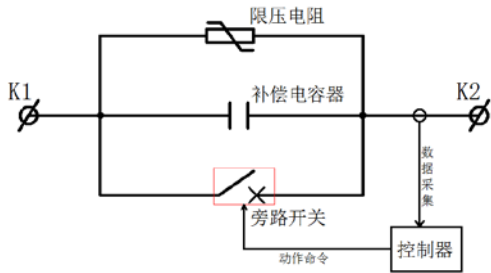


图 1 快速控制补偿电容器投切原理图

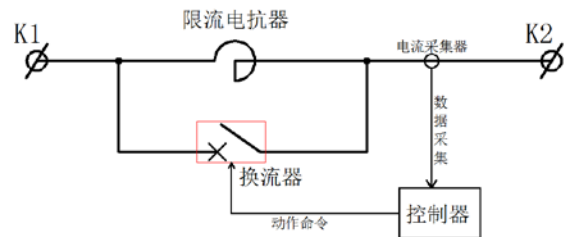


图 2 快速控制限流电抗器投切原理图

如图 1 所示，正常运行时旁路开关处于分闸位置，补偿电容器 C 串联在线路中，线路末端电压提高，线路损耗减小，起到节能降耗的效果。但当补偿电容器投入状态下出线端 K_2 发生短路时，旁路开关闭合起到保护补偿电容器的作用。

如图 2 所示，正常运行时限流电抗器被换流器短接，避免限流电抗器产生电能损耗。 K_2 端发生短路时，换流器在 5ms 左右分闸，将限流电抗器串入实现限流。

五、主要技术指标

1. 额定工作电压：6kV~500kV；
2. 额定工作电流：限制短路电流 1000 A~5000A，串补电流 100 A~2000A；
3. 额定短路开断能力： ≥ 40 kA；
4. 短路故障识别时间： < 2 ms。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

应用快速控制技术开发的“110kV 新型串补装置”获得 3 项实用新型专利，受理 3 项发明专利。“110kV 新型串联电压补偿装置的研制与应用”项目于 2013 年 8 月通过宁夏自治区科技厅组织的科技成果鉴定。目前该技术已在宁夏电力公司、重庆电力公司、马钢集团、九江石化、珠海粤裕丰钢铁等多家企业中应用，运行安全可靠，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：宁夏电力公司、马钢集团、珠海粤裕丰钢铁集团、中石化九江分公司

典型案例 1

案例名称：宁夏海原县 110kV 变电站项目

技术提供单位：国网宁夏电力公司、上海合凯电力保护设备有限公司

建设规模：110kV 主变压器 1 套。建设条件：用户侧母线电压不合格，主要技改内容：加装快速开关型串联补偿装置，主要设备为 1 套智能型 110kV 串联电容补偿系统。节能技改投资额 300 万元，建设期 5 个月。每年可节能 3810tce，减少二氧化碳排放 10058t，年节能经济效益为 171.45 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：珠海粤裕丰钢铁集团 4#高炉 TRT 余热发电项目

技术提供单位：国网宁夏电力公司、上海合凯电力保护设备有限公司

建设规模：15MW 余热发电机组 1 套。建设条件：发电机出口限流电抗器长期运行，参数为 10kV/1200A/12%，主要技改内容：对限流电抗器实施快速控制；主要设备包括 10kV 无损耗深度限流装置一套。节能技改投资额 75 万元，建设期 2 个月。每年可节能 502.5tce，减少二氧化碳排放 1326t，年节能经济效益 22.6 万元，投资回收期约 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国有近 300 个供电局，出口安装电抗器的变压器超过 5000 台，需要安装串补电容器的线路达 2000 多条，该技术具有较大的节能潜力。预计未来 5 年，该技术的推广比例将达到 40%，累计投资 5 亿元，可形成的年节能能力为 194 万 tce，年碳减排能力为 512 万 tCO₂。

2 基于架空地线绝缘接地方式的交流输电线路节能技术

一、技术名称

基于架空地线绝缘接地方式的交流输电线路节能技术

二、技术所属领域及适用范围

电力行业 架空地线逐塔接地的交流输电线路

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

架空地线(避雷线)是输电线路中保障安全的重要导线,但输电导线将对其产生电磁感应,会在地线与地线、地线与大地之间形成感应电流。按照我国现有设计标准推算,在110kV、220kV、500kV三类输电系统中,单位长度架空地线能量损耗分别为0.37万kWh/km·a、1.44万kWh/km·a和2.84万kWh/km·a。以南方电网线路规模,每年因架空地线的电能损耗大约为16.7亿kWh,约合消耗54万tce。该技术的应用可以避免架空地线上感应电流的产生,进而减少感应电流产生的损耗。目前我国尚无同类技术,具有较大的推广潜力。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术对架空地线进行绝缘化改造,将普通地线和光纤复合架空地线(OPGW)的接地方式均由逐塔接地改为绝缘单点接地,切断了地线与大地之间的电流通路,消除了架空地线上的电能损耗。正常运行情况下,地线与杆塔绝缘,避免感应电流的产生;当雷电过电压发生或线路故障时,地线绝缘子的放电间隙自动击穿,保证雷电流和故障工频电流的有效泄放。放电间隙被击穿后又可自动恢复,起到绝缘作用,减少人工的维护。

2. 关键技术

- (1) 地线绝缘子及保护间隙选配技术(包括冰区架空线路);
- (2) 绝缘架空地线感应电压限制技术;
- (3) OPGW终端接地残流防护技术(配套相应保护装置)。

3. 工艺流程

为限制绝缘架空地线的感应电压,采取的技术措施包括架空地线分段、地线

换位等方法，各方案的工作原理如图 1-图 3 所示：

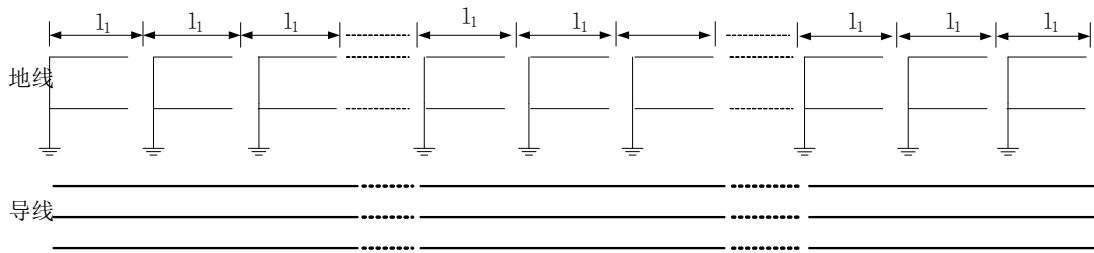


图 1 地线分段，接地点在各分段地线节距端部

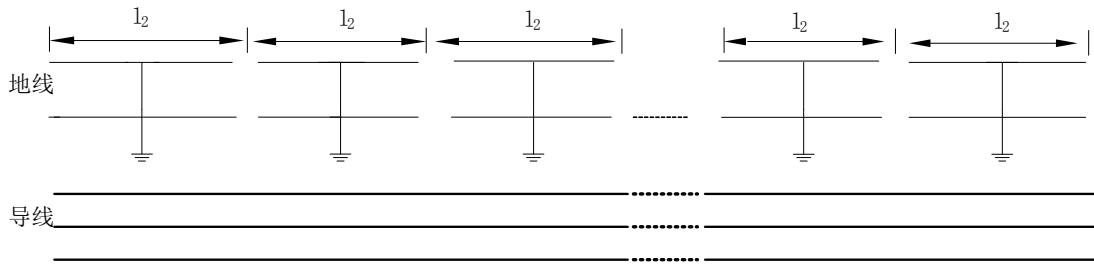


图 2 地线分段，接地点在各分段地线节距中部

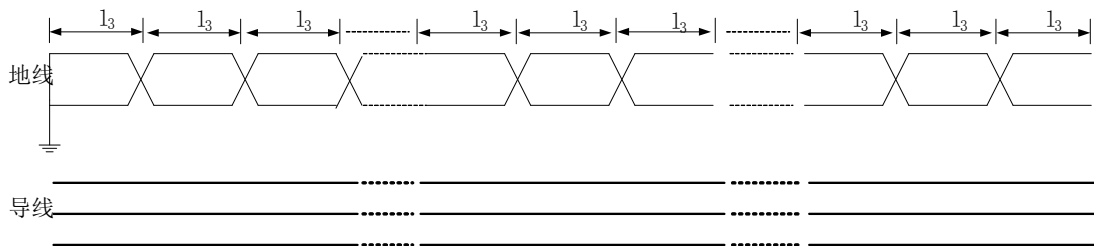


图 3 地线换位，接地点在换位地线节距端部

五、主要技术指标

1. 架空地线损耗为零；
2. 架空地线感应电压不高于 1000V（线路正常运行时）；
3. 架空地线绝缘子保护间隙距离整定，区分了融冰线路和非融冰线路。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年通过南方电网公司组织的成果鉴定，达到国际先进水平。获得国家发明专利 3 项、实用新型专利 5 项，参与制定电力行业标准 1 项。目前，该技术已在广东电网 20 回线路得到了应用。

七、典型应用案例

典型用户：广东电网清远供电局、惠州供电局等

典型案例 1

案例名称：惠州供电局冰区架空地线改造项目

技术提供单位：广东电网公司电力科学研究院

建设规模：对冰区的 110kV 保水线、保吉甲线、贵水线、安慧线、保吉乙线和 220kV 山安线、连安线、山保线、阳燕甲乙线共 10 回线路进行了规划设计和节能降损改造。主要技改内容：110kV 保水线全长 31.9km，改造前地线感应电流达 22A，每年电能损耗 46 万 kWh。采用地线绝缘改造，全线共用 218 片地线绝缘子。技改投资额 2.18 万元，每年可节能 148tce，减排二氧化碳 390t，年节能经济效益 23 万元，投资回收期 2 个月。

典型案例 2

案例名称：惠州供电局非冰区架空地线改造项目

技术提供单位：广东电网公司电力科学研究院

建设规模：对惠州供电局非冰区 110kV 沙迳至官厅线路进行架空地线节能降损规划设计及改造。主要技改内容：线路全长 21.3km，架空地线一根为普通地线，一根为 OPGW。改造前地线感应电流达 30A，每年电能损耗 16.8 万 kWh。采用地线绝缘改造，使用 OPGW 绝缘接续盒 1 个，地线绝缘子 104 片。技改投资额 1.2 万元，每年可节能 54 tce，减排二氧化碳 142t。年节能经济效益 8.4 万元，投资回收期 2 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

本技术已在广东电网 5 个供电局 20 条输电线路成功应用，节能效果良好，仅在已应用线路上每年节约电能损耗可达 616 万 kWh，相应节能 1977tce。预计未来 5 年，该技术可在电力行业推广比例达 30%，项目总投资 2.5 亿元，可形成年节能能力 81 万 tce，年碳减排能力 214 万 tCO₂。

3 大容量高参数褐煤煤粉锅炉技术

一、技术名称

大容量高参数褐煤煤粉锅炉技术

二、适用范围

电力行业 燃用褐煤的电站锅炉机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

高参数褐煤锅炉是燃煤发电的主设备之一，但由于褐煤的煤化度低、含水率高、低位热值较低，其发电效率远低于普通燃用燃煤的火力发电厂。据统计我国褐煤平均上网标煤耗为 335g/kWh，高于我国 2013 年发电行业平均上网标煤耗 321g/kWh 水平。大容量高参数褐煤锅炉的研制和应用能够解决我国褐煤在火电领域利用的难题，大量节省优质的烟煤资源，使我国煤炭资源利用结构更加合理。此外，高性能高参数褐煤锅炉的开发应用可进一步提高火电机组效率，降低煤耗和污染物排放，对于优化调整我国火电结构、实现节能减排发挥重要作用。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术采用Π型或塔式布置，切圆或前后墙对冲燃烧方式，配中速磨煤机或风扇磨煤机制粉系统的低 NO_x 燃烧技术，利用先进的控制技术根据褐煤锅炉燃料特点实现不同燃料情况下锅炉的稳燃及传热特性。该锅炉技术指标先进，运行安全可靠，能有效降低煤耗和污染物排放，有良好的经济和社会效益。

2. 关键技术

(1) 炉膛定制设计技术。根据不同种类褐煤煤质特性，制定褐煤燃烧特性判别标准及不同参数褐煤锅炉炉膛选型导则；

(2) 与褐煤煤质相适应的锅炉性能监控技术。对进煤特性进行检测，并根据煤质特性调整送风、配风及引风机流量，实现燃烧处于最佳工作点；

(3) 大容量褐煤锅炉防结渣、高燃烧效率、低污染物排放设计技术。通过炉膛结构优化设计和温度控制实现炉膛的高效率燃烧，避免炉膛结渣；通过改进配风系统减少局部高温，降低污染物的生成。

3. 工艺流程

风扇磨制粉系统Ⅱ型布置褐煤锅炉和风扇磨制粉系统塔式布置褐煤锅炉示意图分别见图1和图2。两类炉型可根据建设场条件进行选择，在地质条件较好的场地可以选择塔式布置锅炉，其造价成本低、节约用地，但设备布置高度较高；在地质条件不满足塔式布置要求的情况下可以选择Ⅱ型布置锅炉。

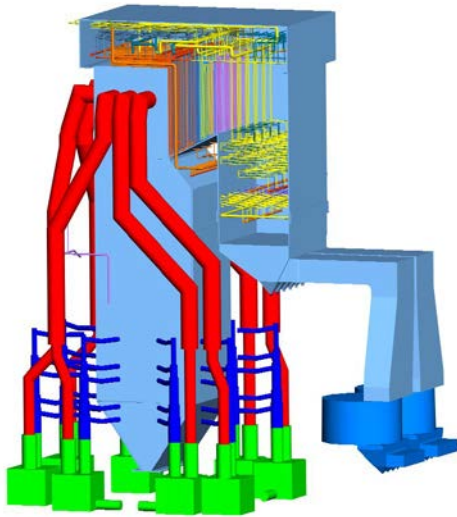


图 1 风扇磨制粉系统Ⅱ型布置褐煤锅炉

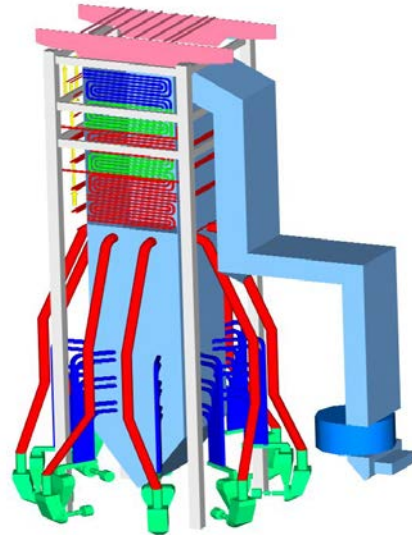


图 2 风扇磨制粉系统塔式布置褐煤锅炉

五、主要技术指标

670MW 超临界塔式褐煤锅炉：

1. 锅炉热效率：91.8%；
2. 过热器出口蒸汽压力：25.4Mpa. g；
3. 过热器出口温度：571℃；
4. NO_x 排放量：<400mg/Nm。

六、技术应用情况

该技术已获得国家发明专利 5 项，实用新型专利 23 项，软件著作权 2 项。目前已累计完成和正在设计的大容量高参数褐煤锅炉共计 151 台，已在国内市场推广应用 10 余台套，出口印度、菲律宾、老挝等国共计 20 台套。

七、典型用户及投资效益

典型用户：华能电力、大唐电力等

典型案例 1

案例名称：吉林九台 670MW 超临界塔式褐煤锅炉

技术提供单位：哈尔滨锅炉厂有限责任公司

建设规模：2台670MW超临界塔式褐煤锅炉。建设条件：项目周边拥有丰富的褐煤资源。主要技改内容：新建超临界褐煤锅炉系统。项目投资额约2.2亿元（仅锅炉），建设期限为2年。2台机组每年节约标准煤29.5万t，年减排78万tCO₂。年节能效益达1.47亿元，投资回收期约为1.5年。

典型案例2

案例名称：内蒙古伊敏600MW超临界褐煤锅炉

技术提供单位：哈尔滨锅炉厂有限责任公司

建设规模：2台600MW超临界褐煤锅炉。建设条件：项目周边拥有丰富的褐煤资源。建设期限为2年。项目投资额约2亿元（仅锅炉）。2台机组每年可实现节能21.6万tce，年碳减排量57万tCO₂。2台机组每年可实现经济效益1.1亿元，投资回收期约为1.8年。

八、推广前景和节能潜力

我国拥有丰富的褐煤资源，约为全国煤炭储备的50%。褐煤的高效利用将是我国提高能源利用效率的重要手段。目前大容量褐煤锅炉市场需求旺盛，具有非常广阔的应用前景。预计到未来5年，该技术的推广比例可达到30%，项目总投资约30亿元，推广应用30台套，可形成年节能能力达400万tce，实现年碳减排能力1050万tCO₂。

4 一种高效利用超低热值煤矸石的循环流化床锅炉技术

一、技术名称

一种高效利用超低热值煤矸石的循环流化床锅炉技术

二、技术所属领域及适用范围

民用及商用集中供热或供暖系统 煤矸石发电厂

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国是煤炭生产和消费大国，煤炭生产和洗选过程中产生了大量煤矸石、煤泥、洗中煤等低热值煤资源。近年，我国低热值煤发电取得积极进展，总装机已达2600万kW以上，但规模普遍偏小，机组效率不高，且目前设计和制造单位都把燃煤矸石等劣质燃料发热值下限定在1600kcal/kg以上，在锅炉运行中存在床温难以维持、燃料难稳定、磨损大、锅炉出力不足等问题。该技术可以燃烧800kcal/kg~1600kcal/kg超低热值煤矸石，可有效解决劣质燃料能源利用率低的问题。同时，如果燃烧较高热值的煤矸石、无烟煤等燃料（1600kcal/kg以上），锅炉热效率也有较大提高。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术根据煤矸石的不同发热量，采用混合流速循环流化床和多元内循环流化床相结合的形式，可将热值在800kcal/kg以上的煤矸石锅炉效率提高到75%以上，并可将燃用热值超过1600kcal/kg燃料时锅炉的热效率提高到88%以上，实现煤矸石的高效能源化利用

2. 关键技术

（1）高效循环燃烧技术

采用高、低混合流速循环流化床的燃烧方式实现超低发热值煤矸石（800kcal/kg~1600kcal/kg）的高效利用。

（2）多元内循环流化床技术

对于发热值大于1600kcal/kg的煤矸石、无烟煤或其他劣质燃料，采用较大床内面积、蝶形布风板、三回程、两级分离、两级回送、一级U型分离、二级带

内置式旋风上排气高温分离等技术，实现炉膛高效运行，并降低污染物的生成。

3. 工艺流程

超低热值煤矸石流化床锅炉和高热值煤矸石及其他劣质燃料流化床锅炉示意图分别见图 1 和图 2。

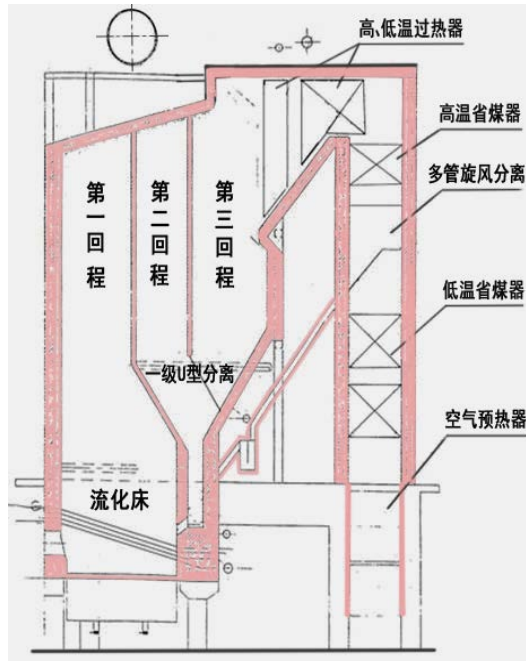


图 1 超低热值煤矸石流化床石锅炉示意图

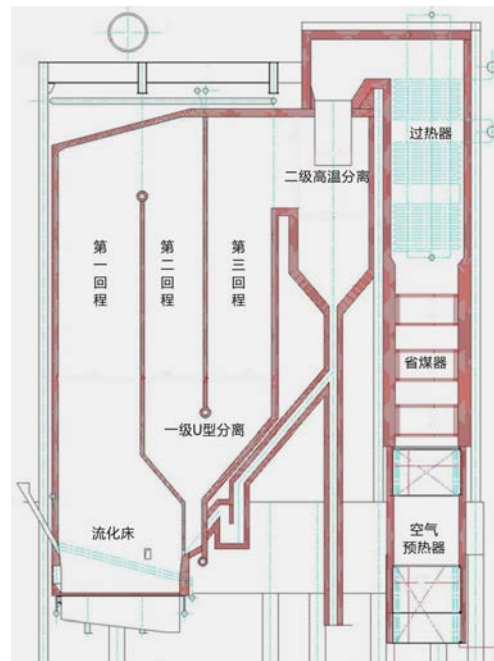


图 2 高热值煤矸石流化床锅炉示意图

五、主要技术指标

1. 燃超低热值煤矸石锅炉出力最佳范围： $\leq 75\text{t/h}$ ；
2. 可燃煤矸石发热值范围： $800\text{kcal/kg}\sim 1600\text{kcal/kg}$ ；
3. 超低热值煤矸石锅炉热效率： $75\%\sim 80\%$ ；
4. 无烟煤及其他劣质燃料锅炉热效率（含热值 1600kcal/kg 以上煤矸石）： $>88\%$ 。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2005 年通过湖南省经委组织的新产品鉴定，典型产品 35t/h 锅炉获国家火炬计划支持；35t/h 锅炉、40t/h 锅炉分别于 2013 年和 2014 年列入了工信部“节能机电（设备）产品推荐目录”第四批和第五批。该技术获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 2 项。目前，已在在全国实施运行 18 台套，具有良好的经济和社会效益。

七、典型应用案例

典型用户：福建沙县侨丹实业有限公司、福建青松股份有限公司、福建元成豆业、临澧华润热电有限公司等。

典型案例 1

案例名称：福建省沙县侨丹实业有限公司 35t/h 燃煤自发电项目

技术提供单位：湘潭锅炉有限责任公司

建设规模：35t 自发电锅炉系统。适用条件：周边拥有丰富的煤矸石资源，且符合国家相应建设条件。主要技改内容：替换原有发电锅炉系统。主要设备：流化床锅炉及配套系统。项目技改投资额 600 万元，建设期 9 个月。年节能 3509tce，碳减排 9264tCO₂，年节能经济效益 350 万元，投资回收期约 1.7 年。

典型案例 2

案例名称：临澧华润热电有限公司 35t 自发电锅炉系统项目

技术提供单位：湘潭锅炉有限责任公司

建设规模：35t 自发电锅炉系统。适用条件：周边拥有丰富的煤矸石资源，且符合国家相应建设条件。主要技改内容：替换原有发电锅炉系统。主要设备：流化床锅炉锅炉及配套系统。项目技改投资额 700 万元，建设期 7 个月。年节能 6000tce，碳减排 15840tCO₂，年节能经济效益 350 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国煤矸石、煤泥、洗中煤等低热值煤资源丰富，每年产生 3 亿 t 以上，合理高效地利用这些资源对我国节能减排具有重要意义。预计未来 5 年，该技术推广比例可达到 10%，投资建设约 100 个 35t/h 低热值煤发电锅炉系统，项目总投资 7 亿元，形成的年节能能力达到 50 万 tce，年碳减排能力 132 万 tCO₂。

5 全密闭矿热炉高温烟气干法净化回收利用技术

一、技术名称

全密闭矿热炉高温烟气干法净化回收利用技术

二、技术所属领域及适用范围

钢铁行业 铬、硅、锰系等铁合金冶炼烟气净化回收与综合利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

铬、硅、锰系等铁合金冶炼行业的矿热炉在冶炼过程中会产生大量烟气，温度通常在 400℃ 左右，含有大量热量。按生产 75%硅铁矿热炉为例，烟气中的热量约为总输入能量的 50%。矿热炉冶炼铬铁时，生产 1t 铬铁约产生 780Nm³的煤气。目前，我国铁合金冶炼行业对冶炼烟气的利用普遍不足，大量的能量被烟气带走，不仅生产污染严重，治理任务艰巨，而且能源利用率低，造成了能源浪费、环保压力大、企业生产成本过高等行业共性问题。冶炼烟气若能有效利用，将具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术的关键是高温烟气的除尘净化技术，也是后续烟气发电和铬粉矿煤气烧结（预处理）的基础。主要技术原理是采用全封闭矿热炉冶炼和控制技术，将冶炼所产生的高温烟尘通过 FeAl 非对称过滤器进行干法净化，并将净化后的烟气输送到煤气柜中储存，用于发电和铬粉矿煤气烧结，起到节能效果。

2. 关键技术

（1）新型过滤材料制备技术

针对冶炼烟气干法除尘，首次提出了选择 FeAl 金属间化合物作为过滤净化滤芯材料的新理论，成功解决了冶金行业 550℃ 以上高温气体过滤技术难题。

（2）自动控制系统应用技术

冶炼工艺采用全封闭式 25500kVA 大型矿热炉冶炼高碳铬铁，炉体组合把持器系统是国内先进的技术设备，整个生产过程自动化控制，并可实现对整个电炉系统的运行状况进行动态监视与控制。

(3) 铬铁冶炼高温烟气干法除尘净化技术

除尘效率可达 99.99%以上，可满足化工制取甲醇的要求。同时，加装化学分离设备后可达到一氧化碳与甲醇反应制取醋酸的工艺要求。

(4) 铬铁冶炼高温烟气综合利用技术

冶炼副产高温烟气除尘净化后，可作为优质燃料综合利用。采用该技术回收的煤气热值高达 13.17MJ/Nm³，约为天然气热值的 37%，可满足铬铁生产线原矿烧结预处理、焦炭烘干及尾气发电机组燃料需要。

3. 工艺流程

该技术的工艺路线图见图 1。

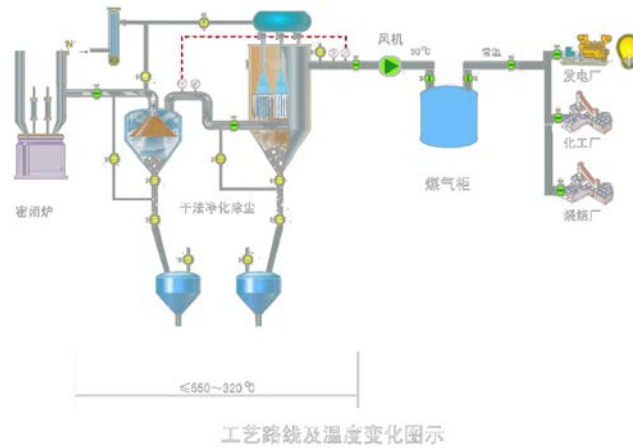


图1 全密闭矿热炉铬铁冶炼高温烟气干法净化回收利用技术

冶炼烟气净化系统分为过滤系统、反吹系统、防结露系统、排灰系统和控制系统等五个子系统，其结构示意图见图 2。

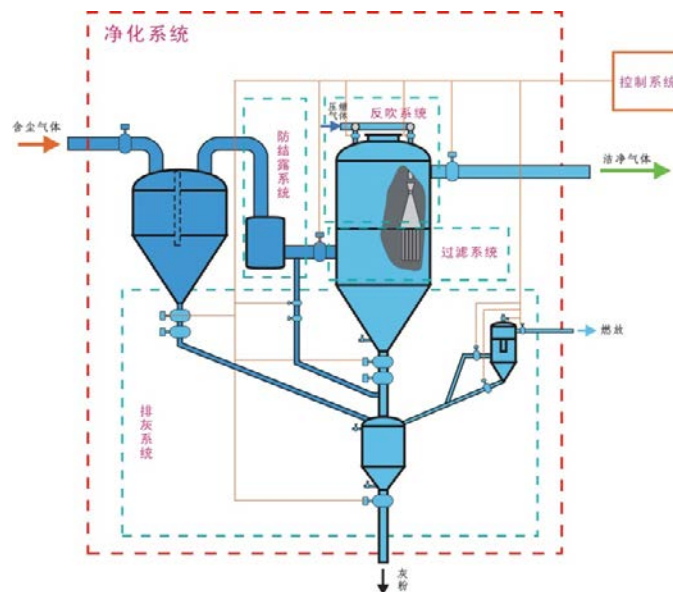


图2 冶炼净化系统示意图

五、主要技术指标

1. 25500kVA 全封闭式矿热炉冶炼吨铁电耗 2870kWh;
2. 工作温度：200℃~550℃（最大耐高温度 800℃）；
3. 过滤效率：99.99%；
4. 出口粉尘含量：≤10mg/Nm³；
5. 烟气除尘净化量：6500Nm³/h 台；
6. 连续运行 1 年无需更换滤材。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年通过青海省新产品新技术鉴定，2014 年通过青海省科技技术成果鉴定，并已获得 4 项国家专利。2013 年，采用该技术的两台 25500kVA 全封闭式高碳铬铁冶炼矿热炉成功投入运行，不仅通过铁铝金属间化合物非对称膜滤芯对高温冶炼烟气除尘净化回收后进行综合利用，并把铬铁合金冶炼单位电耗控制在 2800kWh 左右，粉尘回收利用率、水资源重复利用率、烟气回收率均达到了国家铁合金行业清洁生产一级标准。该技术可广泛应用于硅系、锰系、铬系等大宗铁合金产品生产及铬、硅、锰系等铁合金冶炼行业。

七、典型应用案例

典型用户：青海际华江源实业有限公司

典型案例 1

案例名称：青海际华江源实业有限公司铬铁冶炼及烟气综合利用项目

技术提供单位：青海际华江源实业有限公司

建设规模：年产铬铁 10 万 t。主要技改内容：①全密闭式矿热炉的冶炼和自动化控制系统的改造；②高温烟气除尘净化过滤系统的主要过滤元件滤芯的选择；③冶炼高温炉气除尘净化装置及输送系统的改造；④铬铁冶炼烟气净化系统与煤气系统的改造；⑤高温煤气综合利用技术的研究探索、并完成发电系统、烘干系统、烧结系统等新建等。主要设备为 3000kW 发电机组 1 台及输变电设备、2 套高温烟气干法除尘净化回收装置、1 套密闭式炉盖。技改投资额 7600 万元，建设期 2 年。该项目建成后，年节能量 4.3 万 tce，年碳减排 11.4 万 tCO₂。每年可获得经济效益 2593 万元，投资回收期 5.4 年（含 2 年建设期）。

典型案例 2

案例名称：年产 15 万 t 富钛料冶炼电炉尾气回收利用项目

技术提供单位：青海际华江源实业有限公司

建设规模：15 万 t/a 富钛料生产线。建设条件：密闭电炉熔炼尾气温度低于 550℃。主要技改内容：新增 2500Nm³ 电炉煤气净化回收系统 2 套，配套高温重力除尘器、净气冷却器、煤气引风机等设备，对原有电炉除尘系统的改造等。节能技改投资额 1400 万元，建设期 9 个月。每年可节能 1.0 万 tce，年减排 2.7 万 tCO₂。年节能经济效益 812 万元，投资回收期约 1.8 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国铬铁产量约 380 万 t，预计未来 5 年全国铬铁生产可达 900 万 t。若该技术在行业内的推广比例按 30% 计算，其推广总投入达 22.8 亿元，可形成年节能能力 129 万 tce，年碳减排能力 340 万 tCO₂。

6 大型焦炉用新型高导热高致密硅砖节能技术

一、技术名称

大型焦炉用新型高导热高致密硅砖节能技术

二、技术所属领域及适用范围

钢铁行业 焦化行业大型焦炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

钢铁行业是高能耗高污染行业，其中焦化工序能耗约占钢铁联合企业总能耗的 15%左右。2013 年，我国重点钢铁企业焦化工序能耗为 100.50kgce/t，企业先进值与落后值的差距高达 95kgce/t，焦化工序水平差异明显。目前，国内焦炉存在成焦率提高慢、燃料使用量大、保温效果差、使用寿命短、密封不严、烟气（硫、苯、以及一些其它化合物等）外溢、污染严重等问题。随着焦炉炉型日益大型化和环保化的发展要求，开发密封性好、导热性能高、保温效果好、使用寿命长的新型环保节能耐火材料，已成为新型焦炉的发展方向。

四、技术内容

1. 技术原理

焦炉炭化室传统采用硅质材料，该技术采用高导热硅砖替代传统的硅砖耐火材料，将焦炉炭化室用硅质材料导热率由传统的 $1.85\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})\sim 1.90\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 提高到 $2.33\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上，焦炉燃烧室的热量通过硅砖炉墙传导到炭化室中，在相同触煤面面积、相同的时间内、燃烧室火焰温度不变的情况下，增加高导热硅质材料传递的热量，降低炼成吨焦所需燃料量，起到节能效果。同时，改变焦炉炉门传统用粘土砖尺寸，将单块小砖逐块砌筑改成采用耐磨隔热耐火材料整体预制成型，有效降低热辐射，减少热量损失。此外，该技术可显著提高焦炉的密封性，减少排放到大气中的 NO_x 气体，在节能的同时也起到了环保的作用。

2. 关键技术

（1）高导热硅质材料制备技术

该技术通过选择合适的原料，引入减水剂、矿化剂以及少量的添加剂，不仅能够减少水分的引入，降低成品孔隙度，同时增加的玻璃相能够有效地缓解由于

晶型转变过快而引起的应力释放，并对制品内的孔隙起到了填充作用，使得主晶相与基质间结合得更紧密，这也为热导率的提高提供了基础条件。

(2) 挂釉预制材料制备技术

该技术采用低导热、低膨胀率和热震稳定性极好的堇青石和莫来石材质，引入减水剂和纳米级矿化剂，通过振动减压成型方式和特定的烧成工艺，在制品表面附着高性能微晶陶瓷耐火釉料，实现耐材制品与陶瓷釉料间的一次同步复合，使耐材制品表面致密化，从而提高制品的强度及耐磨性和抗渗透侵蚀性能，解决了碳素和焦油沉积和化学物质渗透，大大提高了使用效果和寿命，提高了焦炉的生产率，降低了污染。

3. 工艺流程

高导热硅工艺流程：配料按照配方，添加剂、颗粒料和结合剂混合后加入到湿碾机内混练，400吨摩擦压砖机，冲压6次成型，温度 $100^{\circ}\text{C} \times 24$ 小时干燥， $1450^{\circ}\text{C} \times 30$ 小时烧成。采用高导热硅砖的焦炉炭化室示意图见图1。



图1 采用高导热硅砖的焦炉炭化室

挂釉炉门预制材料工艺流程：自动配料→混合→减压成型→中温烘烤→机械喷釉→高温釉化烧成→出检→包装。挂釉炉门示意图见图2。



图2 挂釉焦炉炉门

五、主要技术指标

1. 高导热硅砖主要技术参数：导热系数 $2.4 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ (1100°C)；
2. 挂釉炉门预制件主要技术参数：釉面厚度 $1.0\text{m} \sim 2.0\text{m}$ ，长期使用温度 $1100^\circ\text{C} \sim 1300^\circ\text{C}$ 。

六、技术应用情况

该技术于 2010 年 9 月通过河南省科技厅组织的科技成果鉴定，并获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 2 项。目前已为宝山钢铁股份有限公司、梅山钢铁公司、马鞍山钢铁股份有限公司和日本新日本制铁株式会社等供货 2000t，性能稳定，环保节能效益良好。

七、典型应用案例

典型用户：日本新日本制铁株式会社、宝山钢铁股份有限公司、梅山钢铁公司和马鞍山钢铁股份有限公司

典型案例 1

案例名称：宝山钢铁焦炉改造项目

技术提供单位：中钢集团耐火材料有限公司

建设规模：1 座 7 米焦炉。建设条件：适用于焦炉炭化室。主要技改内容：大焦炉炉门采用挂釉预制件，炭化室用高导热硅砖取代普通硅砖，主要设备为挂釉预制件炉门和高导热硅砖。技改投资额 1800 万元，建设期 5 个月。由于节省焦炉煤气，实现年节能量 4.81 万 tce，年碳减排量 12.7 万 tCO_2 。年节能经济效益 4138 万元，投资回收期约 5 个月。

典型案例 2

案例名称：日本新日铁住金株式会社焦炉改造项目

技术提供单位：中钢集团耐火材料有限公司

建设规模：1 座 68 孔 6 米焦炉。建设条件：适用于各种大中小型焦炉炉门、上升管、烟囱等易结焦部位。主要技改内容：本项目产品主要是对焦炉炉门进行改造，主要设备为挂釉炉门预制材料 300t。技改投资额 330 万元，建设期 2 个月。年节能量 2740tce，碳减排量 7234 tCO_2 。年节能经济效益 236 万元，投资回收期 1.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

高导热硅砖和焦炉炉门挂釉预制件的应用对降低焦炭企业能耗、减少污染、节约成本、提高效益具有重要的作用。预计未来 5 年，该技术在全国推广比例可达 15%，项目总投资额 3.6 亿元，可形成的年节能能力 96 万 tce，年碳减排能力 253 万 tCO₂。

7 高炉冲渣水直接换热回收余热技术

一、技术名称

高炉冲渣水直接换热回收余热技术

二、技术所属领域及适用范围

冶金行业 炼铁、炼铜等生产过程高炉冲渣水余热回收利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

高炉炼铁熔渣经水淬后产生大量 60℃~90℃ 的冲渣水，其中含有大量悬浮固体颗粒和纤维。目前，我国高炉冲渣水余热主要采用过滤直接供暖及过滤换热供暖方式进行利用，但存在容易在管道或换热设备内发生淤积堵塞、过滤反冲频繁取热量少、产生次生污染等问题，无法长时间使用，因此多年来冲渣水余热未得到全面有效利用。按照我国钢铁生产产量 8 亿 t，按 350kg 渣比计算，由冲渣水带走的高炉渣的物理热量约占炼铁能耗的 8%左右，能源浪费巨大。

四、技术内容

1. 技术原理

高炉炼铁冲渣水含有大量 60℃~90℃ 低品位热量，该技术采用专用冲渣水换热器，无需过滤直接进入换热器与采暖水换热，加热采暖水，用于采暖或发电，从而减少燃煤消耗并减少污染物的排放，达到节能减排的目的。冷却后的冲渣水继续循环冲渣，对于带有冷却塔的因巴等冲渣工艺，可以关闭冷却塔进一步节约电能消耗；而对于没有冷却塔的冲渣工艺，冲渣水降温后减少了冲渣水蒸发量，进一步减少水消耗。采用该技术，无需过滤，工艺流程短，运行及维护成本低，取热过程仅仅取走渣水热量，不影响高炉正常运行，无次生污染，整体运行可靠，适宜于长周期运行。

2. 关键技术

(1) 直接换热技术。开发了专用冲渣水换热器，解决了纤维钩挂堵塞和颗粒物淤积堵塞问题，冲渣水无需过滤即可直接进入换热器与采暖水进行换热；

(2) 抗磨损技术。冲渣水含有大量固体颗粒物，不仅容易淤积堵塞，而且极易磨损，该技术通过板型、材质、结构、流速等方面的控制解决了磨损问题；

(3) 自动运行控制技术。根据高炉规模和冲渣工艺的不同特点，研发了系列工艺流程与之配套，大型高炉两侧冲渣的切换技术以及可靠的直接换热技术保证了自动运行的可实施性。

3. 工艺流程

高炉容积不同，冲渣工艺不同，以底滤法为例，其工艺流程如图 1 所示。

由高炉冲渣水泵出口管道处设置阀组提取冲渣水，取出的冲渣水流经冲渣水换热器取热降温后引回原管路继续冲渣；采暖水回水流经冲渣水换热器加热升温后，供采暖；系统安装自动控制包含 PLC 控制系统及温度、压力、热量计量等控制系统。

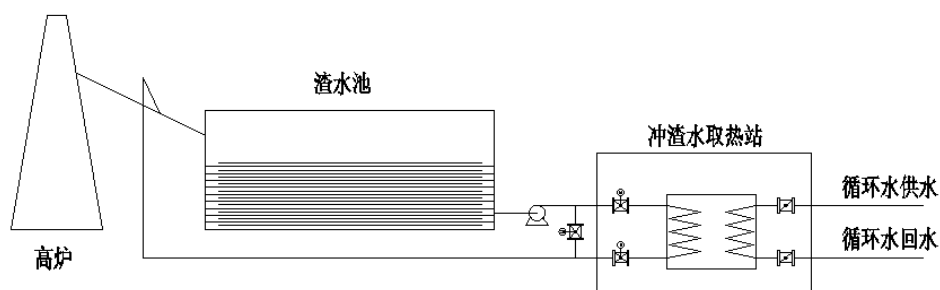


图 1 高炉冲渣水直接换热余热回收流程图

专用冲渣水换热器结构示意图如下：

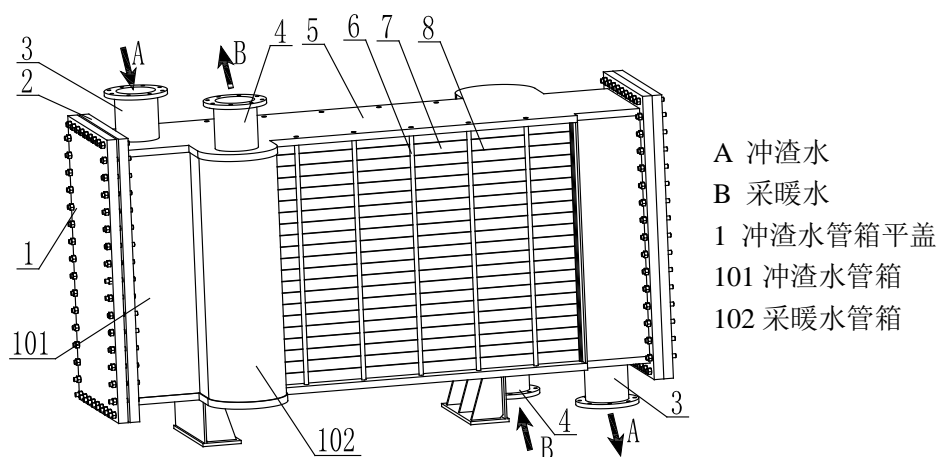


图 2 冲渣水换热器结构示意图

五、主要技术指标

1. 100%全水量取热，回收热量大，年产吨铁可配置采暖面积 $0.4 \text{ m}^2 \sim 0.6 \text{ m}^2$ ，节能 $5 \text{ kgce} \sim 7.5 \text{ kgce}$ ，节水 $40 \text{ kg} \sim 57 \text{ kg}$ ；

2. 直接换热技术，无需过滤、不堵塞，可实现一个采暖季连续不停车运转；
3. 大型高炉的因巴等冲渣工艺，冷端温差小于 5℃，可将冲渣水由 85℃降至 55℃以下；小型高炉的底滤等冲渣工艺，热端温差小于 2℃，可将采暖水加热至 65℃以上；

4. 冲渣水换热器技术指标：

单台最大换热器面积 1200m²；

单台最大换热负荷 1.7×10⁷kcal/h；

单台最大冲渣水处理量 1400m³/h（底滤法）、500m³/h（因巴法）；

换热器单平米供暖面积 175 m²~500m²。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术共获得国家专利 9 项，其中 2 项发明专利。目前，已在北方 20 座高炉的冲渣水余热回收项目中推广实施，用于城市供暖，其中 19 座炼铁高炉，1 座铜冶炼高炉，供暖面积累计达 1100 万 m²，取得良好的经济和社会效益。

七、典型应用案例

典型用户：天津铁厂、山西太钢不锈钢股份有限公司、安阳钢铁股份有限公司、津西钢铁公司、万通钢铁公司、迁西和然节能科技有限责任公司等。

典型案例 1

案例名称：太钢 5#高炉冲渣水余热供暖项目

技术提供单位：天津华赛尔传热设备有限公司

建设规模：高炉炉容 4350m³，冲渣工艺环保因巴，为太原市 220 万 m²城区建筑集中供暖；建设条件：具有足够供暖面积需求，冲渣水温度大于 60℃；本项目冲渣水温度周期变化，最高温度 95℃，冷却至 60℃以下，冲渣水流量 2400t/h，两套冲渣系统交替冲渣。主要技改内容：建设两套冲渣水取热站，各 6 台冲渣水换热器；建设配套采暖水泵站实现采暖水输送和调峰补热功能；相应连接管道、切换系统及控制系统。节能投资额 5200 万元，建设期 6 个月。年节能量 2.85 万 tce，年减排量 7.53 万 tCO₂。年节能经济效益为 1207 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

案例名称：安阳钢铁 1#高炉冲渣水余热回收东线供暖改造项目

技术提供单位：天津华赛尔传热设备有限公司

建设规模：高炉炉容 2200m³，冲渣工艺热因巴，全水量部分取热。建设条件：具有足够供暖面积需求，冲渣水温度大于 60℃。主要技改内容：于冲渣水流经管道附近安装冲渣水专用换热器；从原冲渣管道处截断管道安装阀门管道，提取冲渣水；取出的冲渣水流经安装好的换热器后，由安装管道阀门接引回原管路继续冲渣；于原采暖回水管道安装采暖水管道阀门，提取采暖水，取出的采暖水流经安装好的换热器后，由安装管道阀门接引回原采暖系统。主要设备为专用冲渣水换热器 1 台及附属设备 1 套。技改投资额 400 万元，建设期 2 个月。年节能量 3378tce，二氧化碳减排量 8918t。年节能经济效益 348 万元，投资回收期 1.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着高炉冲渣水直接换热余热回收技术的成熟，在有集中供暖需求的北方将得到进一步发展应用。预计未来 5 年，该技术的推广比例可达 40%，项目总投入 26 亿元，可形成的年节能能力为 143 万 tce，年碳减排能力为 378 万 tCO₂。

8 高电流密度锌电解节能技术

一、技术名称

高电流密度锌电解节能技术

二、技术所属领域及适用范围

有色金属行业 锌湿法冶金电解工序

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

湿法炼锌产量占世界锌总产量的80%以上，目前国内锌电解多采用低酸低电流密度（ $300\text{ A/m}^2\sim 400\text{ A/m}^2$ ）生产。低电流密度电解技术的锌电解工序能耗高，直流电耗约 3250 kWh/t 锌，直流电耗对应的碳排放量为 $2.27\text{ tCO}_2/\text{t}$ 锌。2013年，我国精锌产量为530.2万t，按电解锌占80%计算，约生产电解锌424.2万t，电解锌直流电耗约为137.9亿hWh，排放量约960.9万t CO_2 。降低锌电解工序能耗对于锌冶炼行业的节能具有重要作用。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术围绕电解前端工序的电解液质量、电解槽结构及槽电压分布、极板类型结构及沉积机理、硅整流供电系统供电效率等方向，通过电解整流系统非同相逆并联谐波抑制技术、深度净化技术和ASEP阳极板技术的集成创新应用，可实现谷电期按 $600\text{ A/m}^2\sim 800\text{ A/m}^2$ 高电流密度的生产常态化，改变传统只能采用低电流密度（ $300\text{ A/m}^2\sim 400\text{ A/m}^2$ ）的生产工艺，使整流和电解系统关键节能指标得到进一步优化，提升硅整流效率，降低直流电耗，最终降低吨锌综合能耗。

2. 关键技术

锌电解高电流密度节能技术通过硅整流系统扩容升级、新型特型尺寸极板和电解配套设施的集成优化，突破电流密度和电流效率相互制约的技术瓶颈，提高电解电流密度及硅整流效率，使整流和电解系统关键节能指标得到进一步优化。其主要的关键技术如下：

（1）电解整流系统非同相逆并联谐波抑制技术。将电流相等、方向相反的两个导电臂靠拢，达到交变磁场相互抵消、减小导电母排压降、提高功率因数、

消除柜体涡流；

(2) 电解液深度净化技术。SZP (Subside Zine Process) 优先沉锌技术和超细金属锌粉置换技术。SZP 优先沉锌技术是以焙砂或石灰石作为沉锌剂保持系统水平衡，控制 F、Mg、Mn、Cl、K、Na 等杂质的深度净化技术；超细金属锌粉置换技术是避免杂质带入系统、提高浸出液除杂效率的深度置换净化技术；

(3) ASEP (Anode Surface Embossing Plate) 阳极板技术。一种合金成分优化、金相组织致密的、适用于在高电流密度条件下长周期使用的波纹阳极板压延工艺技术。

3. 工艺流程

锌电解高电流密度节能技术指在电解过程中，采用 $800 \text{ A/m}^2 \sim 1000 \text{ A/m}^2$ 的阴极电流密度，以此强化生产，减轻工人劳动强度，适当增加产量。生产过程中采用一种特型尺寸 ($1.2 \text{ m}^2 \sim 1.5 \text{ m}^2$) 的锌电板极板和相配套玻璃钢材料的电解槽，通过特有的压延表面极板结构，便于电解体系中的 MnO_2 在阳极板上沉积，快速形成阳极板板面保护层的阳极板。同时，采用一种二段中和的 SZP (优先沉锌) 方法，把锌冶炼系统的 Mg、Cl、F 形成开路，Mg 去除率 95% 以上，Cl、F 去除率 50% 以上，提高硫酸锌溶液的质量；利用含铅 (Pb: 1.1%~2.0%) 电炉锌粉和超细 (800 目~400 目) 金属锌粉深度净化硫酸锌溶液，在此基础上实现锌电解体系超高电流密度 ($600 \text{ A/m}^2 \sim 800 \text{ A/m}^2$) 的产业化错峰生产。该技术的工艺流程如图 1 所示。

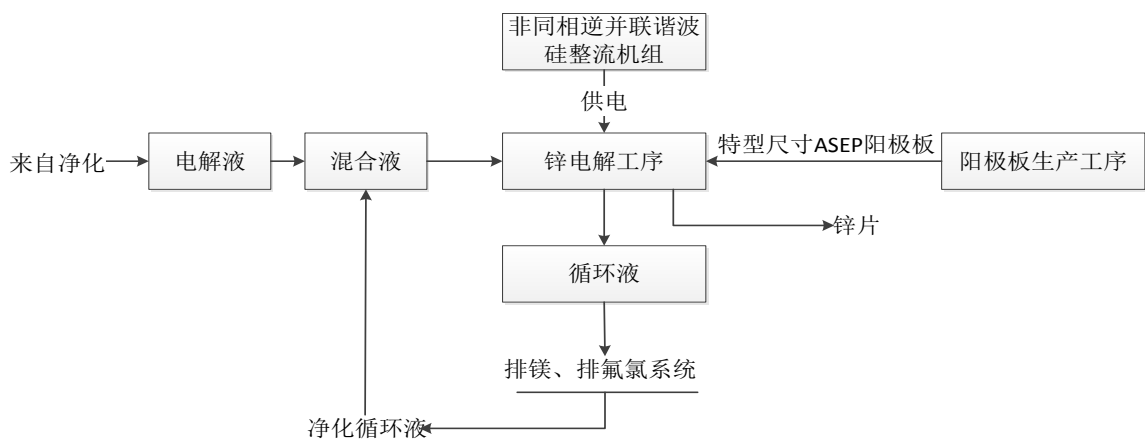


图 1 锌电解高电流密度节能技术工艺流程

五、主要技术指标

1. 谷电期电流密度达到 $600 \text{ A/m}^2 \sim 800 \text{ A/m}^2$ ，高峰期电流密度 $300 \text{ A/m}^2 \sim$

450A/m²，代替传统的谷电期、高峰期电流密度均为 300 A/m²~450A/m²的电解工艺；

2. 生产阶段直流电耗下降到 2900 kWh/t·Zn 片；
3. 吨锌综合能耗下降到 1095 kgce/t·Zn 锭以下。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

本技术于 2014 年通过云南省科技厅组织的成果鉴定，并获得国家发明专利 1 项。目前，该技术已在云南云铜锌业股份有限公司生产运用，节能效果显著，经济和社会效益好，并正在向同行业其他厂的锌湿法冶金电解工序推广应用。

七、典型应用案例

典型用户： 云南云铜锌业股份有限公司

典型案例 1

案例名称： 云铜锌业超高电流密度电解锌产业化一期项目

技术提供单位： 云南云铜锌业股份有限公司

建设规模： 5 万 t 锌锭/a。建设条件： 对原电解系统进行升级改造后并按谷电期按 600 A/m²~800A/ m²高电流密度、峰电期 300 A/m²~450A/m²的低电流密度组织生产。主要技改内容： 锌电解系统进行改造，通过集成运用电解整流系统非同相逆并联谐波抑制技术、排镁、排氟氯和采用高品质置换锌粉的电解液深度净化技术和 ASEP 阳极板技术，实现谷电期以 600 A/m²~800 A/m²的高电流密度代替传统的 300 A/m²~450A/m²低电流密度电解工艺。主要设备为 2 套硅整流机组的升级改造，采用一种特型尺寸（1.2 m²~1.5 m²）的锌电解极板和相配套玻璃钢材料的电解槽。节能技改投资额 2950 万元，建设期 9 个月。每年可节能 1918tce，减排 5064tCO₂。年节能经济效益为 1336 万元，投资回收期约 2.8 年。

典型案例 2

案例名称： 云铜锌业超高电流密度电解锌产业化二期项目

技术提供单位： 云南云铜锌业股份有限公司

建设规模： 2.5 万 t 锌锭/a。建设条件在 项目一期升级改造基础上，进行锌电解工序错峰生产扩容 2.5 万 t 锌锭/a，达到原设计产量 7.5 万 t 锌锭/a，并按谷电期按 600A/m²~800A/m²高电流密度、峰电期 300A/m²~450A/m²的低电流密度组织生产。主要技改内容： 锌电解系统进行改造，通过集成运用电解整流系统非

同相逆并联谐波抑制技术、排镁、排氟氯和采用高品质置换锌粉的电解液深度净化技术和 ASEP 阳极板技术，实现谷电期以 $600\text{A}/\text{m}^2\sim 800\text{A}/\text{m}^2$ 的高电流密度代替传统的 $300\text{A}/\text{m}^2\sim 450\text{A}/\text{m}^2$ 低电流密度电解工艺。主要设备为新增 1 套硅整流机组的升级改造，采用一种特型尺寸（ $1.2\text{ m}^2\sim 1.5\text{ m}^2$ ）的锌电解极板和相配套玻璃钢材料的电解槽。节能技改投资额 1250 万元，建设期 3 个月。每年可节能 959tce，减排 2530tCO₂。年节能经济效益为 668 万元，投资回收期约 2.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

2013 年，我国锌湿法冶金电解锌年产量约 420 万 t，按电解锌年产量增长 5% 计算，预计未来 5 年，电解锌年产量可达 600 万 t，预计该技术在我国锌湿法冶金电解行业的推广比例可达 75%，总投资额约 25 亿元，可形成的年节能能力为 17 万 tce，年碳减排能力 45 万 tCO₂。

9 芳烃装置低温热回收发电技术

一、技术名称

芳烃装置低温热回收发电技术

二、技术所属领域及适用范围

石化行业 芳烃装置低温热回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

芳烃联合装置中抽余液塔、抽出液塔等精馏塔在常规设计时均为常压塔，塔顶温位较低，难以回收利用。传统方法采用空冷技术进行冷却，这部分能量散失在大气中而浪费。据统计，精馏塔采用传统的空冷技术，塔顶所散失的能量约占芳烃装置总能耗的 15%左右。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术的芳烃联合装置中抽出液塔、抽余液塔和甲苯塔取消塔顶空冷设备，采用加压操作回收热能，塔顶蒸汽发生器发生 0.45MPa 蒸汽，发生的蒸汽经二甲苯塔重沸炉对流段过热后，一部分用于驱动歧化循环氢压缩机透平、除氧器除氧及管线伴热外，其余部分用于发电。成品塔、脱庚烷塔、邻二甲苯塔在常规设计时塔顶温度较低，分别为 126℃、124℃、157℃，塔顶热量通常是采用空冷进行冷却，这些低温热就散失掉了。本设计采用串联加热热水方式，产生 70℃/118℃ 热水，送至装置内热水发电机组发电，热水可以循环利用。芳烃装置低温热回收发电技术，有效回收原有精馏塔塔顶空冷方式损失的热量，可实现低品位热量的全面利用。

2. 关键技术

- (1) 蒸汽发生器技术：用精馏塔顶工艺介质加热除氧水产生蒸汽；
- (2) 蒸汽发电机技术：产生蒸汽驱动汽轮机进行发电；
- (3) 热水换热流程技术：利用芳烃装置低温余热，采用串联加热方式产生热水；
- (4) 热水发电机技术：ORC 热水发电机组是一个螺杆式膨胀机，螺杆式膨

胀机需要在朗肯循环中借助于有机工质实现热功转换。有机工质在预热器、蒸发器内实现由液体变为蒸汽的过程，吸收了热源的负荷，温度升高。高温蒸汽进入膨胀机后，在转子腔内实现膨胀，对外输出轴功率，同时工质温度、压力均下降。降温后的工质，仍是蒸汽，需要在冷凝器内实现液化，此期间对外放出热量。液化后的工质，利用液体泵升到高压，然后进入预热器，实现下一轮循环。

3. 工艺流程

低温热回收蒸汽发电技术的工艺流程图如图 1 所示。

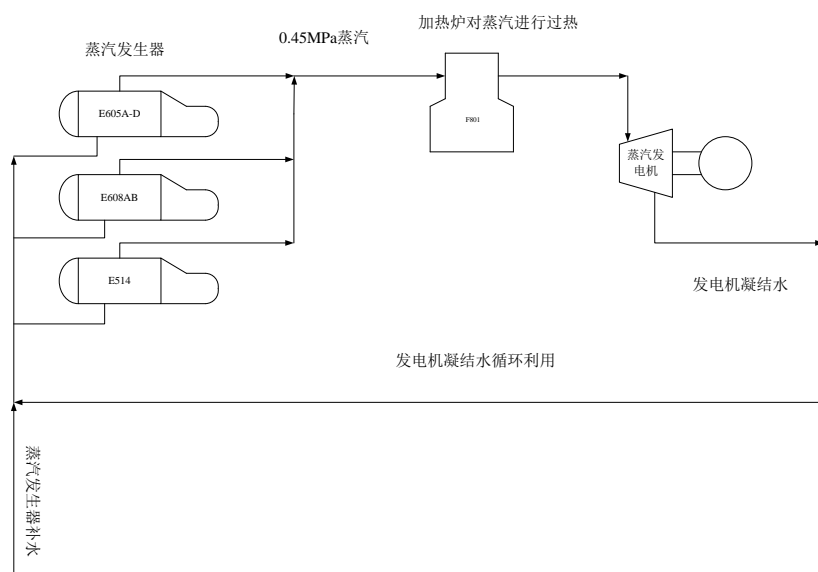


图 1. 低温热回收蒸汽发电技术流程图

低温热回收热水发电技术的工艺流程图如图 2 所示。

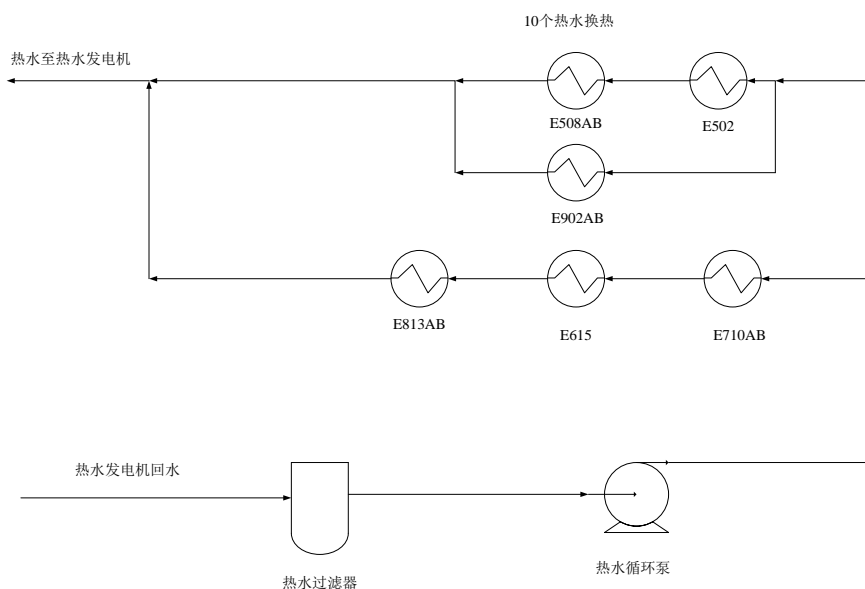


图 2. 低温热回收热水发电技术流程图

五、主要技术指标

1. 低温热回收蒸汽发电技术：平均节电 223 kWh/t 对二甲苯；
2. 低温热回收热水发电技术：平均节电 16 kWh/t 对二甲苯。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2014 年 5 月，“PX 成套技术”通过了中国石化组织的专家鉴定，PX 成套技术鉴定包括芳烃装置低温热回收发电技术。该技术于 2013 年 12 月在海南炼化芳烃联合装置试车成功，海南炼化芳烃联合装置首次取消空冷，采用芳烃装置低温热回收发电技术，从投产至今一直安全稳定运行。

七、典型应用案例

典型用户：中国石化海南炼化

典型案例 1：海南炼化芳烃装置低温热回收发电技术

技术提供单位：中国石化海南炼化化工有限公司

建设规模：60 万 t/年对二甲苯装置。建设条件：抽余液塔操作压力（塔顶）为 0.35MPa，塔顶温度 201℃，抽出液塔操作压力（塔顶）为 0.28MPa，塔顶温度 195℃，成品塔、脱庚烷塔、邻二甲苯塔塔顶温度分别为 126℃、124℃、157℃。主要技改内容：以塔顶蒸发器/换热器取代空冷冷却，主要设备包括蒸汽发生器、热水换热器、蒸汽发电机、热水发电机等。节能技改投资额 2.7 亿元，建设期 6 个月。年节能量 4.62 万 tce，碳减排量 12.2 万 tCO₂。年节能经济效益 8915 万元，投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

芳烃装置低温热回收发电技术可使芳烃装置取消空冷、回收低温热，回收的低温热用于产生蒸汽发电。预计未来 5 年，该技术在行业内推广比例将达到 40%，可形成的年节能能力为 46 万 tce，年减排能力为 122 万 tCO₂。

10 黄磷生产过程余热利用及尾气发电（供热）技术

一、技术名称

黄磷生产过程余热利用及尾气发电（供热）技术

二、技术所属领域及适用范围

化工行业 黄磷生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国黄磷单位产品平均综合能耗约为 3.2tce 左右，每生产 1t 黄磷产生黄磷尾气约 3000Nm³，约占单位黄磷生产综合能耗的 30%以上。目前，黄磷生产中的尾气主要用来烧热水或者做原料烘干使用，其尾气的利用率不足 20%。按行业年总产能 180 万 t 计算，黄磷生产行业每年碳排放超过 400 万 t，节能潜力很大。

四、技术内容

1. 技术原理

通过对黄磷生产中排放的尾气进行收集、加压并进行净化处理，再输送到专用燃烧器中进行配风旋混燃烧，燃烧后产生的热量及强腐蚀高温烟气再经过耐腐蚀的专用黄磷尾气锅炉进行换热，交换后的热量用于加热水产生蒸汽或者利用蒸汽带动汽轮机发电系统发电，所产蒸汽与电量均用于黄磷生产，降低产品能耗。

2. 关键技术

黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术是对黄磷尾气处理、尾气燃烧热能、尾气燃烧后（烟气中）排放物循环使用的综合利用系统，其主要的关键技术如下：

（1）尾气净化技术

通过除尘、除酸方式对尾气进行净化，净化技术采用水洗除尘及碱洗除酸，通过采取合理的净化方式以及适合的净化剂，确保在低净化成本的前提下，使得尾气中的杂质、总硫、总磷的含量控制在合理的范围之内，达到下述目的：净化后的尾气因杂质减少避免堵塞燃烧及换热设备；减轻尾气酸性物质对系统设备的腐蚀。

（2）专用燃烧器燃烧技术

通过专用燃烧器的旋混式结构设计，使得尾气与空气得到充分的混合，确保尾气燃烧充分，用于提高燃烬率；采用PDI技术合理配风及风压控制，确保尾气在高温下的高效燃烧并抑制强酸性物质产生；内置蜂窝式陶瓷蓄热技术用于加强燃烧温度，提高辐射热能。

（3）锅炉的防腐技术

锅炉通过特有的设计结构确保尾气燃烧产生的热量在最大化吸收的前提下，实现烟气流动无死角，减少腐蚀物质堆积，避免形成垢下腐蚀；所有与烟气接触的换热元件均采用耐腐蚀材料；换热元件表面采用等离子防腐喷涂进行防腐保护；针对燃烧后的烟气不同温度区间进行分段防腐处理等多种技术共用，彻底解决尾气燃烧中对锅炉的腐蚀问题。

（4）热能梯级利用技术

通过采用对尾气燃烧后高温段的热能回收技术产生中压、中温过热蒸汽，采用对尾气燃烧后低温段的热能回收技术产生低压饱和蒸汽，形成两种不同焓能的品质蒸汽，即高位热能与低位热能；其中高位热能用于发电，低位热能用于黄磷岗位生产所需热能供应，实现热能合理利用及热效率最大化。

（5）烟气中的酸物回收技术

燃烧后的烟气中含有大量的酸性物质，如磷酸、偏磷酸、氢氟酸、硫酸、亚硫酸等多元酸，这些混合酸液的PH值远小于1，形成的强酸性液体会对系统设备产生严重腐蚀，减少设备的使用寿命；同时，如果排出到大气中，会形成酸雨污染周边的环境；通过对烟气温度的控制以及多段综合回收技术，使得这些酸性物质在露点后被收集，并经过沉淀、过滤、浓缩等一系列回收工艺及技术处理，形成废酸用于磷化工生产。

3. 工艺流程

该技术主要包括“黄磷尾气净化系统”、“烟气（燃烧）系统”、“蒸汽系统”和“废液回收系统”等四个子系统，其工艺流程见图1，各系统的功能及所涉及的技术说明如下：

（1）黄磷尾气净化系统

通过对黄磷生产电炉产生的尾气采用除尘、除酸技术进行净化，减少了尾气中杂质及酸性物质的含量，同时减轻尾气燃烧后的烟气对锅炉的腐蚀；

(2) 烟气（燃烧）系统

尾气进入锅炉燃烧的过程中，采用独特的燃烧技术，确保黄磷尾气与空气得到充分混合，通过 PDI 算法自动配比黄磷尾气与空气的配风量，确保燃烧后尽可能减少强酸性物质的产生，蜂窝蓄热技术强化锅炉换热效率；

(3) 蒸汽系统

专用黄磷尾气锅炉对尾气燃烧的热能进行高效回收，对回收的热量按品位等级梯级利用，高品位热能（过热蒸汽）用于发电，所发电量经升变压后，用于黄磷电炉生产用电，降低黄磷冶炼的生产能耗；低品位热能（饱和蒸汽）用于黄磷生产或下游产品生产用汽，降低单位产品生产的成本；

(4) 废液回收系统

尾气燃烧后，烟气中含有的酸性污染物在降温中形成酸液，通过对酸液的集中回收，形成废酸，用于黄磷下游产品生产，变废为宝，减少大气中的酸性物质排放的同时，降低环境污染。

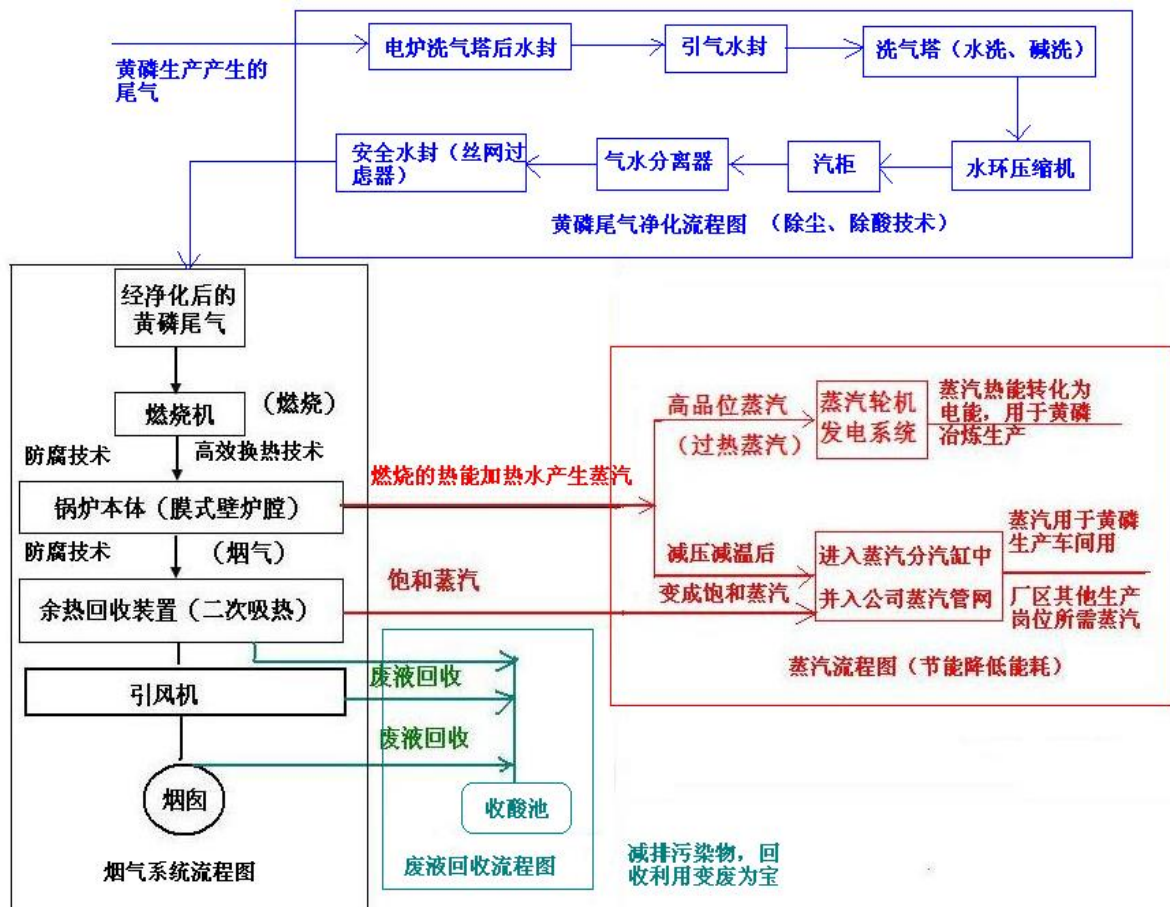


图 1 黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术

五、主要技术指标

1. 黄磷生产单位综合能耗下降约15%~30%;
2. 净化成本与替代的技术相比下降50%以上;
3. 系统热效率较原有的换热方式提高30%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术及系统核心装置获得 1 项国家发明专利，3 项实用新型专利。该技术自 2008 年开始推广以来，已经有 10 多套系统在云南、贵州、四川等地的黄磷生产企业投运，稳定运行达 5 年以上，具有良好的经济效益与社会效益。

七、典型应用案例

典型用户：四川林辰实业集团有限公司，绵阳启明星磷化工有限公司、石棉蓝天化工有限责任公司、贵州开阳国华天鑫磷业有限公司、贵州福泉华鑫化工有限责任公司、云南澄江盘虎化工有限公司等。

典型案例 1

案例名称：石棉蓝天黄磷炉尾气燃烧热能综合利用系统

技术提供单位：武汉东晟捷能科技有限公司

建设规模：2×7500t/a 吨黄磷生产装置尾气综合利用；建设条件：黄磷尾气直接燃空排放生产线。主要技改内容：采用黄磷生产过程余热利用（供热）技术对一台黄磷电炉的 50%的黄磷尾气(约 1500Nm³/h)进行余热利用，所回收热能产生蒸汽用于生产工艺段的供热及化工产品合成；主要设备为 1 台 6T 燃黄磷尾气专用锅炉。节能技改投资额 300 万元，建设期 4 个月。每年可节能 5573 tce，年减排 1.47 万 tCO₂。年节能经济效益为 820 万元，投资回收期 4 个月。

典型案例 2

案例名称：澂江龙凤黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）系统

技术提供单位：武汉东晟捷能科技有限公司

建设规模：2×10000t/a 吨黄磷生产装置尾气综合利用；建设条件：黄磷尾气直接燃空排放；主要技改内容：采用黄磷尾气余热利用和尾气发电（供热）技术对厂区二台黄磷电炉的黄磷尾气约（6000 Nm³/h）进行余热综合利用，其中尾气在黄磷尾气专用锅炉中燃烧产生的中压过热蒸汽用于带动汽轮机发电系统，所发电供黄磷装置使用，产生的饱和蒸汽于黄磷生产供热；主要设备为 2 套 10t/h

黄磷尾气发电专用锅炉及 4MW 汽轮机发电系统装置。节能技改投资额 3384 万元，建设期 12 个月。每年可节能 1.15 万 tce，年减排量 3.03 万 tCO₂。年节能经济效益为 1887 万元，投资回收期 18 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术广泛应用于磷化工黄磷生产领域，预计未来 5 年，该技术的行业推广比例可达 50%，项目总投资 3.6 亿元，可形成年节能能力达 67 万 tce，年减排能力为 177 万 tCO₂。

11 水性高效隔热保温涂料节能技术

一、技术名称

水性高效隔热保温涂料节能技术

二、技术所属领域及适用范围

化工行业 用于建筑、石化、运输等需要保温隔热的材料表面

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在我国,由于建筑外墙、屋顶和门窗的保温与隔热性能不良造成的能源消耗,约占整个建筑能耗的 50%左右。目前,我国的建筑外墙主要采用外挂式保温技术,施工方法相对复杂,容易产生热桥现象,易开裂脱落。采用低传热系数的高效保温隔热涂料,应用在建筑屋顶及外墙、工业厂房、石油储罐、化工管道、仓库、营房等表面,具有较好的隔热保温作用。此外,该技术还具有附着性强、拉伸性能及耐久性好、防结露等特点。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术通过配方和制漆工艺的设计,采用具有低堆积密度和低导热系数的聚氨酯中空微珠、高反射性颜料、高发射性助剂等,使涂膜断面为连续的蜂窝网状结构,涂膜内部不形成沟状热流,显著降低涂膜导热系数,大大减少热流量,实现隔热保温。同时,使涂膜具有高附着性、强拉伸性及耐久性、防结露等良好性能。用于建筑、厂房屋顶、管道等表面时,可显著降低空调等设备的使用能耗,实现节能。

2. 关键技术

(1) 聚氨酯中空微珠蜂窝排列技术

采用具有低堆积密度和低导热系数的特殊微珠,使得涂层具有极低的导热系数。在微珠表面包裹化合物,使微珠在涂层中稳定有序排列成中空蜂窝结构。微珠具有弹性抗压、抗外力击破,不易在制取加工中破损的优点,具有较好的耐冷热变化性。

(2) 涂膜的高反射性技术

将屏蔽红外线颜料技术应用于隔热保温涂料，使涂膜对可见光和红外线反射率显著提高，具有良好的遮热作用。

(3) 涂膜的高发射性技术

利用红外高发射性助剂(特种金属氧化物)，使吸收的太阳能辐射转化为热量，以红外长波的形式发射入大气红外窗口，使涂膜物体表面和内部降温，最大程度地提高降温效果。

3. 工艺流程

技术工艺流程图见图 1 和图 2。

工艺流程-建筑墙体结构

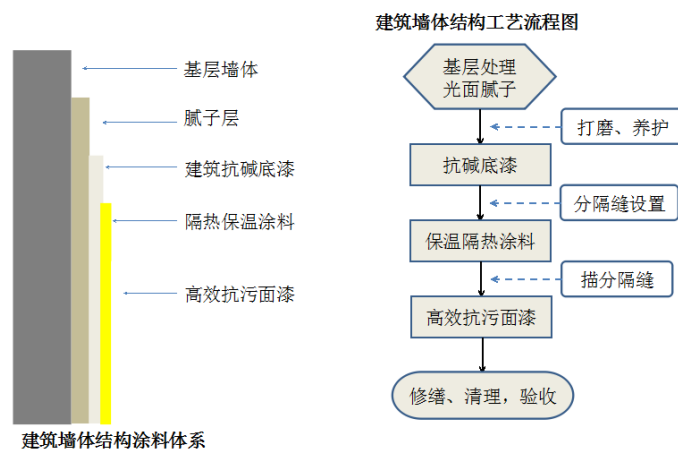


图 1 隔热保温涂料应用于建筑墙体结构示意图

工艺流程-工业管道、金属罐体基层

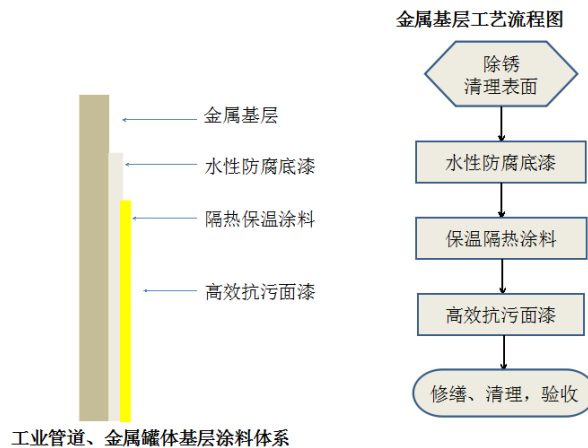


图 2 隔热保温涂料应用于管道、罐体示意图

五、主要技术指标

1. 涂膜导热系数: $\leq 0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

2. 太阳反射比（白色）：0.86；
3. 半球发射率：0.88；
4. 隔热温差：14.6℃；
5. 黏着强度：1.5N/mm²。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于2014年8月通过中国高科技产业化研究会鉴定，并已申请公开国家发明专利2项，实用新型专利1项。目前，该技术系列产品已在不同地域、不同基材表面应用共计92t。

七、典型应用案例

典型用户：国投新集能源股份有限公司

典型案例1

案例名称：新集三矿节仓库节能涂料项目

技术提供单位：浙江亚宁科技有限公司

建设规模：涂刷面积450m²。建设条件：仓库为彩钢板墙面护围、彩钢板屋面结构，高度为6m，建筑体形系数0.5。主要技改内容：1#库涂刷普通涂料，2#库涂刷本技术发明的隔热保温涂料，主要设备为高压无气喷涂机。节能技改投资额4720元，建设期7天。每年可节能0.7tce，碳减排1.8tCO₂。年节能经济效益为2108元，投资回收期2.2年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着水性高效隔热保温系列涂料的推广应用，预计未来5年，在行业内推广比例达2%，项目总投资额12亿元。可形成的年节能能力约17万tce，年碳减排能力约45万tCO₂。

12 无动力防卡筛及配套骨料前端砂石同产工艺技术

一、技术名称

无动力防卡筛及配套骨料前端砂石同产工艺技术

二、技术所属领域及适用范围

建材行业 骨料筛分与生产领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统筛分设备通常用于对破碎前后的骨料进行筛分，使用的均为振动型筛分设备，筛功率通常在 37kW~55kW，电耗较高。同时，由于传统砂石骨料生产中碎石、制砂各是一条生产线，每套生产线功率约 800kW~2000kW，存在耗电高、耗油高、耗水高、污染和浪费严重等问题。

四、技术内容

1. 技术原理

通过创新筛条结构和布局，利用物体重力滑落，无阻防卡，不需要消耗电能实现骨料筛分。同时，无动力筛与碎石、制砂设备配套联组，将传统的碎石、制砂两条生产线高效集约成一条生产线，部分采用开路循环提高产能，实现砂石同产，提高能效和资源利用率。

2. 关键技术

(1) 无动力筛分技术

代替传统振动筛，无需用电，提高整条生产线产能，集约高效多筛少破、一层多级筛分；制砂免水洗，无尾矿，减少资源浪费，环境污染及尾矿防治从末端治理转向前端控制。代替传统振动筛，可独立应用大块骨料筛分，直选中、小块粒径骨料，尤其适用粒径极差大（传统振动网筛无法筛分）、含粉多的尾矿，配套新旧骨料生产线转型升级。

(2) 砂石同产技术

无动力防卡筛配套前端砂石同产工艺，将传统碎石、制砂两条生产线集约整合为砂石同产一条生产线。

3. 工艺流程

无动力防卡筛配套前端砂石同产工艺流程见图1。

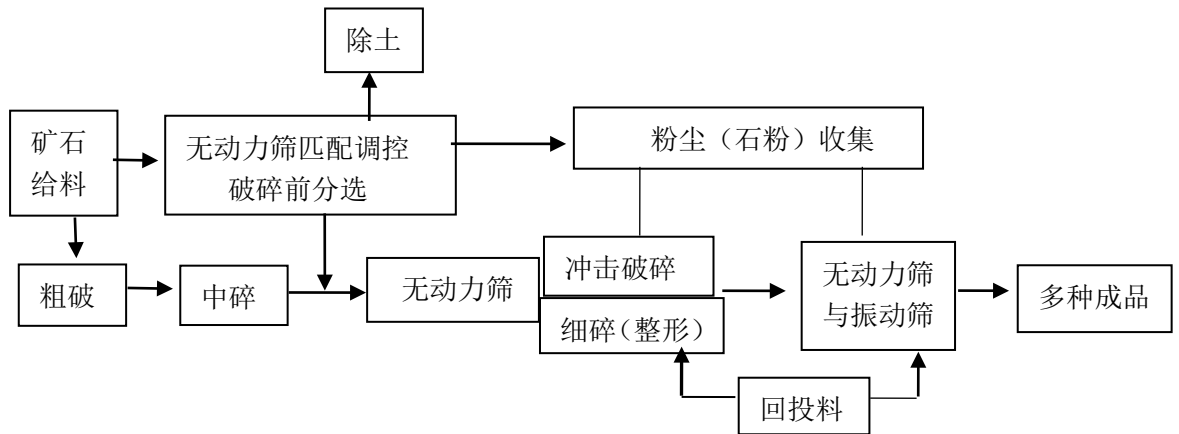


图1 无动力防卡筛配套前端砂石同产工艺流程图

无动力防卡筛配套应用于较大粒径或粒径级差大粉料多的选矿工艺流程见图2。

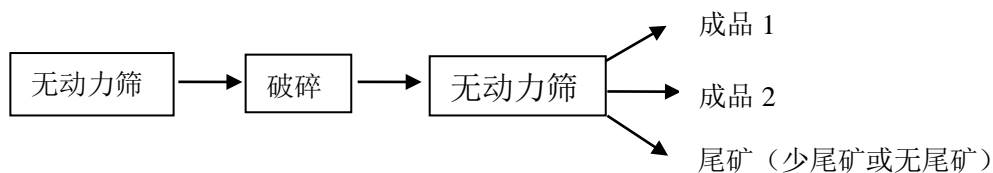


图2 无动力防卡筛配套应用于较大粒径或粒径级差大粉料多的选矿工艺流程图

五、主要技术指标

1. 节电率： $\geq 25\%$ ；
2. 减少尾矿： $\geq 40\%$ ；
3. 提高产能： $\geq 25\%$ 。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2014 年通过中国高科技产业化研究会组织的科学技术成果鉴定，2014 年列入内蒙古推荐的装备制造业重点推广目录。目前已有套设备成功应用于冀东发展涇阳建材有限责任公司骨料生产线、辽阳冀东恒盾矿业有限公司骨料生产线、包头市大松工贸有限公司等。

七、典型用户及投资效益

典型用户：包头市大松工贸有限公司、冀东发展涇阳建材有限责任公司、辽阳冀东恒盾矿业有限公司。

典型案例 1

项目名称：包头市大松碎石制砂生产线节能改造项目

技术提供单位：包头市屹峰建材外加剂有限公司

建设规模：55 万 t 碎石/a 及 17 万 t 砂/a 生产线。主要技改内容：应用无动力防卡筛经过对生产工艺的设计，技术改造升级为砂石同产一条生产线。主要设备为无动力防卡筛。节能技改投资额 30 万元，建设期 2 个月。每年可节能 970tce，碳减排量 2560tCO₂。年节能经济效益 363 万元，投资回收期约 3 个月。

典型案例 2：

项目名称：巴彦淖尔市无电源硅矿场无动力筛及配套生产线

技术提供单位：包头市屹峰建材外加剂有限公司

建设规模：年产 10 万 t 碎石生产线。建设条件：无电源生产环境。主要技改内容：无需增加电源，无需基础建设，只需增加两台无动力防卡筛，一台用于宕口处，一台取代传统振动筛。技改后将尾矿率从 60%降低到 20%，成品量提高到 30 万 t。节能技改投资额 25 万元，建设期 1 个月。每年可节能 835tce，年碳减排量 2204tCO₂。年节能经济效益 215 万元，投资回收期约 3 个月。

八、推广前景和节能潜力

无动力防卡筛可广泛应用于砂石一体化、铁矿、硅矿、石灰石矿、煤矿、稀土矿、钢渣尾矿、建筑垃圾、移动车载站、废石尾矿等行业的骨料筛分或预筛分，配套新旧骨料生产线进行技改转型升级。预计未来 5 年，该技术推广比例可达到 5%，项目总投资额约 2.4 亿元。可形成年节能能力约 48 万 tce，年碳减排能力 128 万 tCO₂。

13 金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶节能技术

一、技术名称

金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶节能技术

二、技术所属领域及适用范围

轻工行业 商用燃气灶具

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国传统的中餐灶技术多采用大功率风机将火焰吹出、火焰对流冲刷加热锅底的燃烧方式，这类技术存在燃烧器功率大、热效率低、风机耗电量大、空烧浪费严重、噪音大、燃烧不充分、污染物排放高等问题。传统中餐灶每灶眼能耗约为45kW~60kW,热效率通常在20%~28%，能源损失严重。

四、技术内容

1. 技术原理

采用完全预混式的金属纤维表面燃烧方式，使燃气与空气完全预混，实现金属纤维表面均匀的燃烧辐射和高强度的蓝色火焰，并能在红色和蓝色火焰两种模式下平滑过渡，燃烧完全；采用直流风机、文丘里燃气空气混合装置及压力伺服电磁阀实现燃气空气比例调节，燃烧自动控制系统实现自动点火和火力无级负荷控制。通过上述燃烧方式，相对传统商用灶，能有效提高燃烧器的热效率，节约燃料。

2. 关键技术

(1) 采用耐腐蚀结构的金属纤维表面燃烧技术

燃烧器的头部将燃气、空气混合物均匀分布在金属纤维网格上，并进行稳定的完全燃烧。燃烧器头部采用坛式结构，上封盖及紧固密封件之间设有防水缝隙，坚固密封件上设有挡水檐，可以有效防止含盐汤汁对金属纤维网的腐蚀。

(2) 全预混式比例自动调节技术

自动控制系统控制风机与电磁阀将燃气与空气在文丘里混合器中按照比例完全预混，将混合后的气体吹送到燃烧器中完全燃烧，通过控制电位器调节档位可实现无级负荷调节。

(3) 分离式长明火自动点火技术

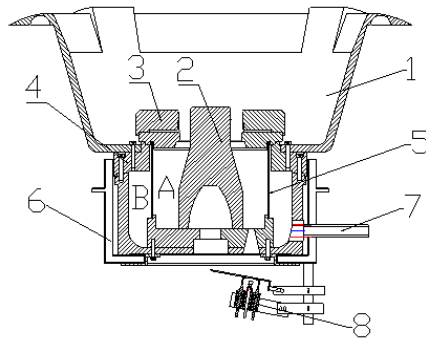
将自动点火系统设计在燃烧器底部且不接触主燃烧器火焰，不使其他部件过热，解决了点火针附着在燃烧器头部上导致点火针及其导线在高温下易损毁的难题，保证点火的安全可靠性，底部点火速度快，不会产生爆燃。

(4) 保温隔热复合炉膛技术

炉膛采用锥形复合锅圈设计，设计定制了与锅圈连为一体的锥形复合炉膛，内壁采用不锈钢、外壁采用铸铁制造，夹层采用硅酸铝陶瓷棉的设计，具有良好的保温隔热功能。

3. 工艺流程

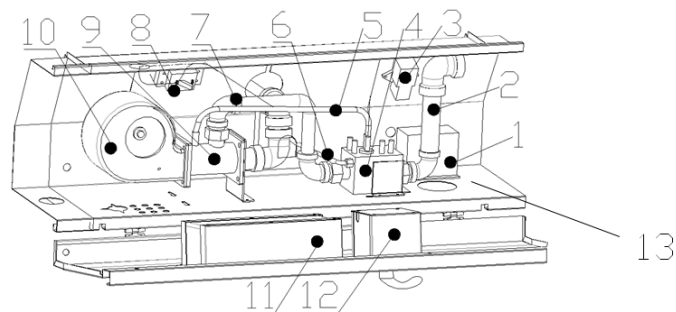
金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶的燃烧器头部结构见图 1。



- 1 锥形锅圈；2 导流锥形件；3 上封盖；4 紧固密封件；5 嵌入式表面燃烧构件；
7 混合气体进气管；8 分离式长明火点火装置；A 燃烧室；B 混合室

图 1 燃烧器头部结构示意图

金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶的控制系统结构见图 2。



- 1 变压器；2 主燃气管；3 脉冲点火器；4 压力伺服电磁阀；5 硅胶管气压取样管；
6 长明火燃气管；7 分支燃气管；8 漏电保护装置；9 文丘里混合器；10 直流风机；
11 数字热流量显示控制面板；12 数字热流量调节控制器；13 安全隔离舱

图 2 控制系统结构示意图

五、主要技术指标

1. 额定功率：20 kW~30kW；
2. 热效率：45%~50%；
3. 干烟气中 CO 含量：≤0.05%；
4. 风机功率：≤90W；
5. 燃烧噪音：45dB~67dB。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2009 年通过山东省建设厅组织的科技成果鉴定，2012 年通过国家燃气用具产品质量监督检验中心（佛山）的检测，同年通过中国城市燃气协会与住房和城乡建设部科技发展促进中心联合主办的科技成果评估；2013 年 5 月获得中国烹饪协会颁发的中餐科技进步奖一等奖，并已获得国家专利 30 余项，其中发明专利 1 项。自 2011 年以来，金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶已在北京、烟台、青岛、上海、重庆、武汉、深圳等多个地区进行推广应用，累计使用 500 多台。

七、典型应用案例

典型用户：北京市东城区政府机关食堂、中国政法大学、中国全聚德（集团）股份有限公司、深圳维也纳精品连锁酒店、深圳面点王饮食连锁有限公司等。

典型案例 1

案例名称：深圳维也纳精品连锁酒店中餐灶具项目

技术提供单位：烟台众德环保设备科技有限公司

建设规模：中餐灶具 100 台。主要技改内容：以金属纤维表面燃烧高效中餐灶取代传统灶具，主要设备为金属纤维表面燃烧中餐灶。节能技改投资额 180 万元，建设期 1 个月。每年可节能 494tce，碳减排 1300tCO₂。年节能经济效益为 230 万元，投资回收期约 9 个月。

典型案例 2

案例名称：烟台东山宾馆中餐灶具项目

技术提供单位：烟台众德环保设备科技有限公司

建设规模：中餐灶具 17 台。主要技改内容：以金属纤维表面燃烧高效中餐

灶取代传统灶具，主要设备为金属纤维表面燃中餐灶。节能技改投资额 30.6 万元，建设期 1 个月。每年可节能约 129tce，碳减排 340tCO₂。年节能经济效益为约 38 万元，投资回收期约 12 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

中餐燃气炒菜灶是餐饮、饭店、学校和部队食堂等的主要炊事用具，该技术具有良好的推广前景。预计未来 5 年，该产品可在行业内推广比例达 10%，项目总投资额 54 亿元，年节能能力达 90 万 tce，年碳减排能力达 238 万 tCO₂。

14 防眩光高效 LED 路灯节能技术

一、技术名称

防眩光高效 LED 路灯节能技术

二、所属领域及适用范围

照明行业 快车道、主干道、公园、小区等照明应用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

路灯是城市照明的重要组成部分，我国户外道路照明约占整个照明用电量的 30%。传统的路灯通常采用高压钠灯，整体光效低、显色效果差、寿命短、维护成本高，造成能源的巨大浪费。使用 LED 路灯照明可以减少大量二氧化碳和多种污染物的排放，同时通过新型光学设计和灯具设计研究，使灯具结构设计更加合理化，降低灯具的眩光，减少光污染，提高人体舒适度。因此，开发新型高效 LED 路灯节能技术，对于城市照明节能减排具有重要意义。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术是一种带有不对称配光及防眩光特性的 LED 照明单元的 LED 照明装置。LED 照明是一种基于大功率高亮度半导体发光二极管的照明技术，相比传统的高压钠灯等照明光源，具有耗电量少、发光效率高、显色性好、可靠性高等优点。同时，该技术通过新型光学设计和灯具设计研究，采用二次反光原理，利用几何光学原理设计由复杂非自由曲面组成的反射器和遮光罩，使光线射向所要求照明的方向。降低灯具的眩光，提高人体舒适度。

2. 关键技术

该是通过全新的格栅配光/反射杯和透镜的光学设计降低灯具的眩光，以实现人体舒适的道路照明效果，其关键技术如下：

(1) 灯具配光技术

a. 采用格栅配光：基于格栅反光系统的配光，实现 LED 高效路灯的道路光形曲线及高照度均匀度和高亮度均匀度，提高灯具的防眩光指数并有效提高整体灯具效率。格栅与 LED 光源可以形成 40 度以上的保护角有效的防止眩光产生。

格栅反光系统的配光原理见图 1。

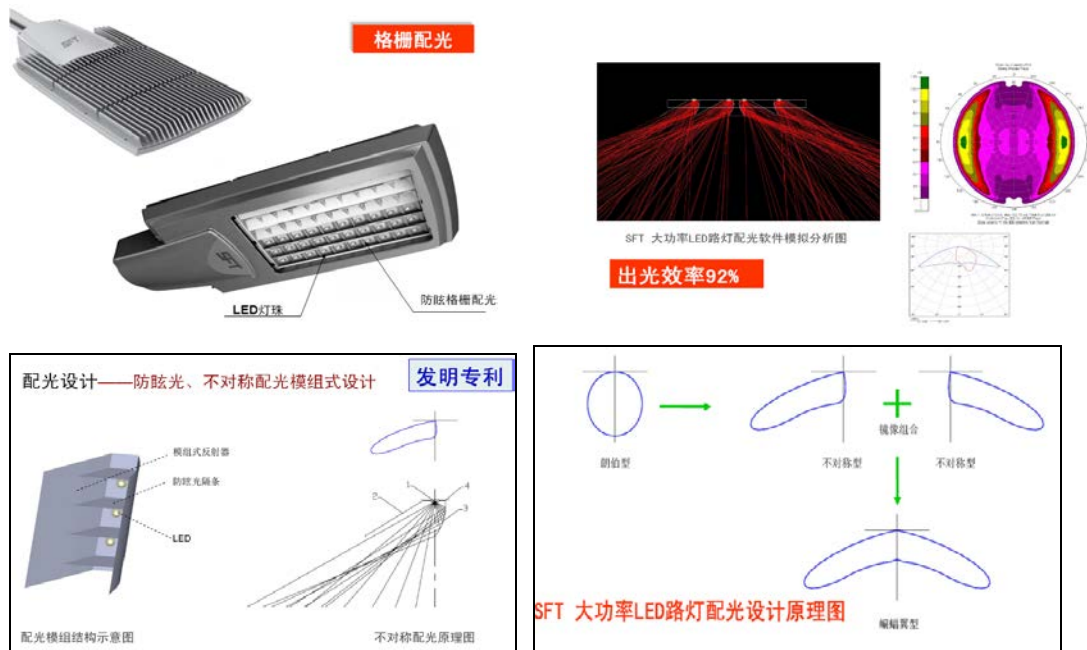


图 1 采用栅格配光原理示意图

b. 采用灯杯+透镜配光：自由曲面透镜加反光系统的配光系统，实现 LED 路灯的大间距蝙蝠翼配光的同时，提高照度均匀度和高亮度均匀度，并形成 40 度的保护角，抑制眩光的产生。其配光系统示意图见图 2。



图 2 采用自由曲面透镜加反光系统的配光系统示意图

(2) 结构及散热技术

LED 大功率路灯在设计上采用模组化的设计，利用模组与模组之间的间隙

可以形成上下空气的对流，加快散热的同时也减小了热岛效应。并且每个模组都是一个独立的光源体，便于维修与更换。

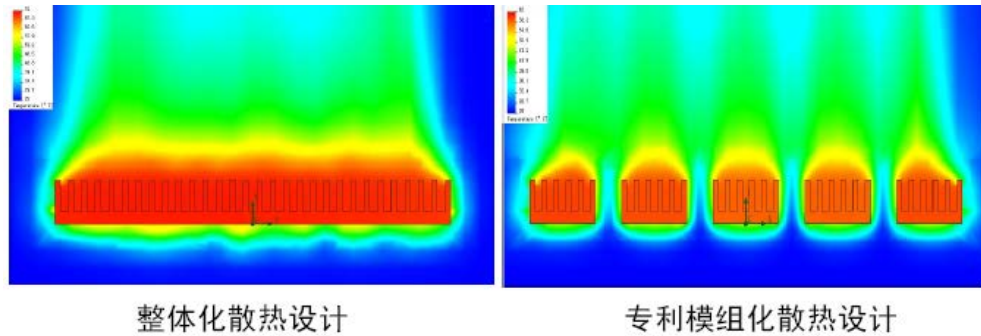


图 3 整体化与模组化散热设计对比图

热分析分析结果表明，采用模块化的路灯结构设计，可强化空气对流散热效果，避免翅片温度过高，可有效降低翅片表面温度，温度的下降幅度在10°C以上，从而可显著提高灯具的使用寿命和稳定性。

3. 工艺流程

防眩光高效 LED 路灯结构示意图见图 4。



图 4 防眩光高效 LED 路灯结构示意图

五、主要技术指标

1. 与传统灯具照明相比，节电率 55%；
2. 整灯光效 $\geq 100 \text{lm/W}$ (4000K~6500K)；
3. 寿命 50000h (光通维持率 70%)；
4. 显色指数 ≥ 70 ；
5. 防护等级 IP65；
6. 灯具眩光限制曲线达到 C 级标准，光出射度小于 0.51lm/mm^2 。

六、技术应用情况

该技术于 2010 年 6 月通过江苏科学技术厅“高新技术产品”认定，并已获得 1 项国家发明专利，3 项外观专利，3 项实用新型专利。目前该技术产品已经在全国多个省市道路、隧道工程中推广使用，累计推广使用超过了 10 万盏。

七、典型用户及投资效益

典型工程：扬州市文昌路节能改造、仪征市沿江大道、北京甲骨文软件有限公司、北京通州区朱家垓村道路亮化工程

典型案例 1

案例名称：扬州市文昌西路节能改造工程

技术提供单位：江苏史福特光电股份有限公司

建设规模：1445 盏 LED 路灯。主要技改内容：扬州市文昌西路 3×250W 高压钠灯改造为 3×120W LED 路灯，主要设备为防眩光高效 LED 路灯。节能改造投资额 300 万元，年节能量约 894tce，年减少碳排放量约 2360tCO₂。每年节电可获经济效益 223 万元，投资回收期约 1.5 年。

典型案例 2

案例名称：广西省平南县迎宾大道照明改造工程

技术提供单位：江苏史福特光电股份有限公司

建设规模：467 盏 LED 路灯。主要技改内容：平南县迎宾大道 2×300W 高压钠灯改造为 5×30W LED 路灯，主要设备为防眩光高效 LED 路灯。节能改造投资额 80 万元，年节能量约 204tce，年减少碳排放量约 538tCO₂。每年节电可获经济效益 50 万元，投资回收期约 1.5 年。

八、推广前景和节能潜力

LED 照明以其节电、长寿命等突出优势正在成为取代传统照明产品的新一代照明方式。预计未来 5 年，该技术推广比例可达 15%，项目总投资 4.8 亿元。预计可形成的年节能能力 10 万 tce，碳减排能力 26 万 tCO₂。

15 基于 LED 发光特性的广告灯箱节能技术

一、技术名称

基于 LED 发光特性的广告灯箱节能技术

二、所属领域及适用范围

照明行业 轨道交通等场所的广告灯箱系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前,我国广告灯箱的主要光源系统仍以 T8/T5 的荧光灯管为主,这类灯管存在光效低、功耗大、光照度衰减严重、寿命短等不足。据统计,目前我国地铁线路共 93 条,总共 2418 个站点,以每个站点 80 个灯箱,灯箱面积约 90 万 m²,每个灯箱 500W 计算,其照明耗电量超过 4 亿 kWh/a。此外,公交站台、高铁站、机场等场所也存在大量广告灯箱,该领域具有较大的节能减排潜力。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术采用 LED 作为主体光源,对 LED 光源进行模块化设计,采用铝型材作为散热器,上侧使用透明材料作密封处理,侧部用防火橡胶或塑料进行封闭,以使 LED 不受水汽和灰尘的侵蚀,降低 LED 的光损耗,延长 LED 的使用寿命,保证灯箱的光照度。同时,利用二次反射理论,将散热器型材作为光反射板,对匀光板反射回来的光进行二次反射,匀光板的一次透光率为 55%,通过反射器进行二次反射后,整体透光率可达到 85%,提高了出光效率。在保持光照度不变的情况下,相对传统的荧光灯管,大幅降低了广告灯箱的功耗。

2. 关键技术

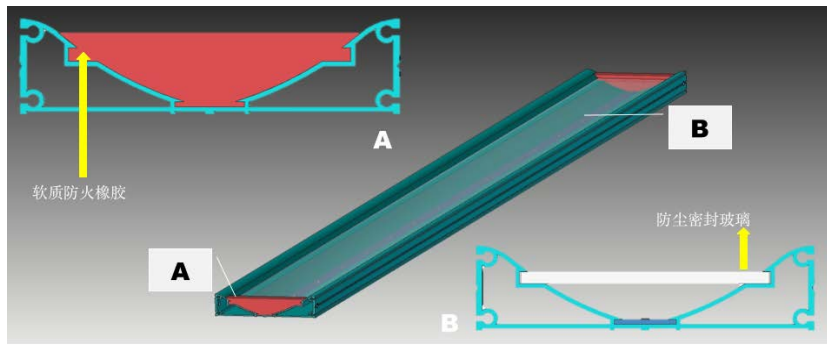
(1) LED 模块密封技术。利用 LED 模块密封技术防止环境因素造成 LED 的光衰减,确保 LED 灯箱的显示效果;

(2) 灯箱反射器二次反射技术。利用二次反射技术提高灯箱光照度,降低灯箱功耗。

3. 工艺流程

基于 LED 发光特性的广告灯箱的 LED 模块设计图、反射器反射示意图、反射

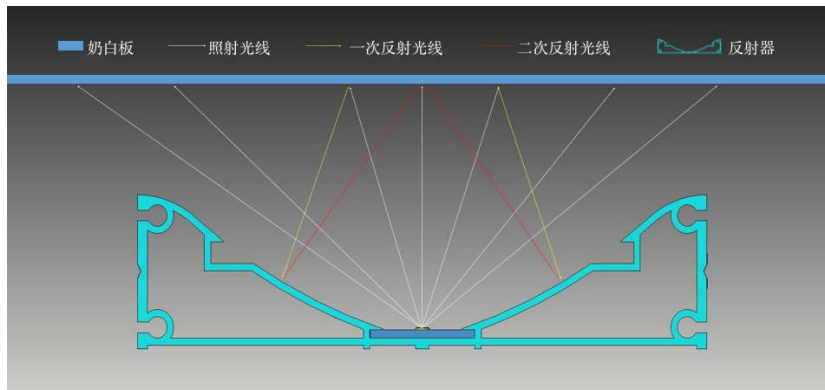
器二次反射示意图分别见图 1、2、3 所示。



反射器

反射 散热 防尘 组装

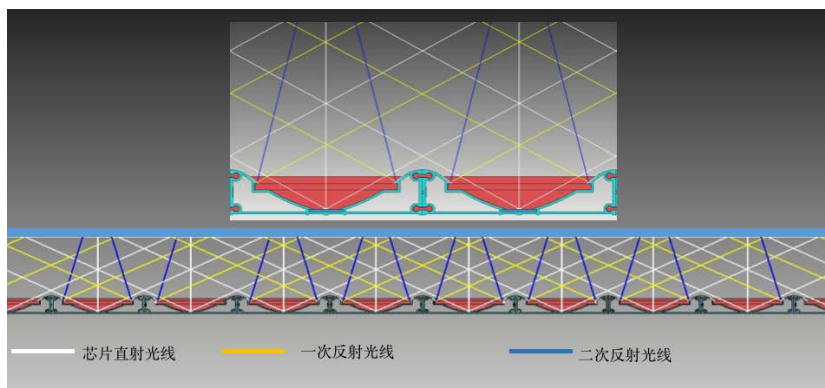
图 1 LED 模块设计图



反射器

反射 散热 防尘 组装

图 2 反射器反射示意图



总成

均匀点阵 二次反射 结构总成

图 3 反射器二次反射示意图

五、主要技术指标

1. 灯箱表面照度 $\geq 3000\text{lux}$;
2. 灯箱单位面积功耗 $\leq 35\text{W}/\text{m}^2$;

3. 显色指数 $R_a \geq 80$;
4. 均匀度(最暗点/最亮点) $\geq 90\%$;
5. 色温 5700K~6300K;
6. 照度衰减 $\leq 3\%$ /年。

六、技术应用现状及产业化情况

该技术已获得 3 项国家专利。目前,已在广州和上海两市的地铁广告灯箱中实施应用,并已成为全国灯箱行业的示范性项目。

七、典型用户及投资效益

典型用户:广州地铁、上海地铁

典型案例 1

案例名称:广州地铁广告灯箱全线网的节能改造项目

技术提供单位:江苏山水节能服务有限公司

建设规模:全线网广告灯箱数量为 6641 个。主要技改内容:使用广告灯箱专用 LED 光源系统替代荧光灯管光源系统。技改投资额 2700 万元,建设期 6 个月。项目年节能量为 3852tce,年碳减排量 1.02 万 tCO_2 。节能经济效益为节约电费 994 万元,投资回收期约 2.7 年。

典型案例 2

案例名称:上海申通德高广告灯箱 LED 光源改造项目

技术提供单位:江苏山水节能服务有限公司

建设规模:上海地铁二号线、四号线 2345 个广告灯箱改造。主要技改内容:使用广告灯箱专用 LED 光源系统替代荧光灯管光源系统。技改投资额 1100 万元,建设期 6 个月。项目年节能量为 1104tce,碳减排量 2915 tCO_2 。节能经济效益为年节约电费 327 万元,投资回收期 3.4 年。

八、推广前景和节能减排潜力

预计未来5年,我国轨道交通广告灯箱的市场规模将超过500万 m^2 ,该技术在行业内推广比例将达20%,项目总投资额9亿元。可形成的年节能能力为14万tce,年碳减排能力为36万 tCO_2 。

16 基于二级变频控制驱动的 XED 灯节能技术

一、技术名称

基于二级变频控制驱动的 XED 灯节能技术

二、适用范围

照明领域 道路、工矿企业、商场、码头等的照明

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国照明用电量在社会总用电量中占较高的比例。根据《2009-2013 年照明产品市场调查数据》显示，2013 年全社会照明用电量达到 7246.59 亿 kWh，占到全社会用电量的 14.15%。照明用电耗，特别是道路照明、工矿企业照明用电耗能很高，研发推广高效照明技术和产品对照明行业节能减排具有重要意义。

四、技术内容

1. 技术原理

XED 灯即氙气放电灯，由氙气气体在高压（23kV）电场激发后形成等离子放电发光，并在二级变频控制技术驱动器的控制下维持一定功率状态等离子持续放电发光，产生类似太阳光光谱的高效可见光，替代传统高压钠灯等高压气体放电灯，降低照明电耗。此外，采用二级变频控制，通过镇流升压后的恒定电压进行脉冲电压二级频率变换。第一级变频频率为 40kHz~200kHz 方波脉冲频率，第二级跟随变频转换为 50Hz~500Hz 方波脉冲频率，并控制驱动 XED 光源，使 XED 光源在恒定或受控功率状态下工作，提高驱动器效率，降低电力消耗。

2. 关键技术

（1）驱动器二级变频控制技术。采用软件方式实现二级变频算法对 XED 灯进行控制，可以有效提高 XED 的控制效率，延长 XED 灯的使用寿命；

（2）XED 光源技术。采用无封口真空等离子吹泡成型工艺，实现高压启动器与发光体无缝对接，实现高效发光。同时，由于无高压接口，提高了安全性。

3. 工艺流程

基于二级变频控制技术的原理示意图见图 1。

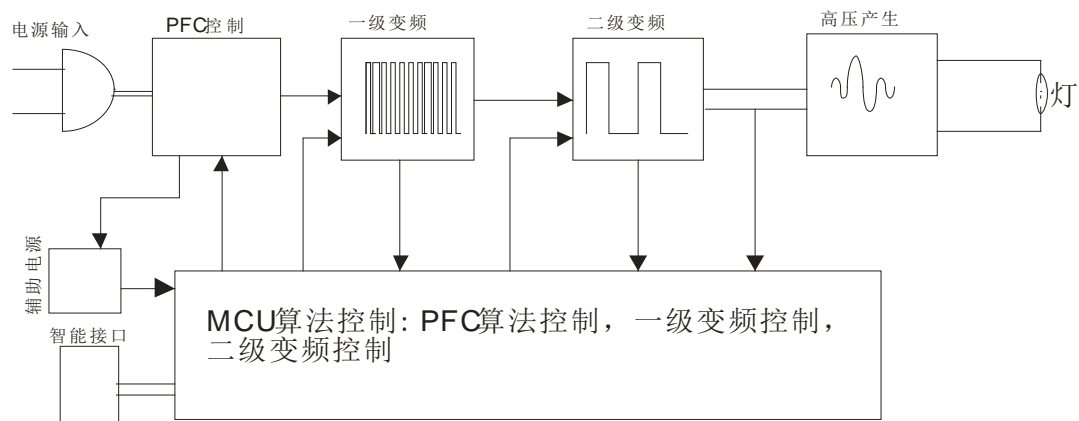


图 1 基于二级变频控制驱动的 XED 灯技术原理示意图

五、主要技术指示

1. 镇流器：功率因素： >0.98 ，效率： $>93\%$ ；
2. XED 光源：发光效率： $>95\text{lm/W}$ 发光维持率： $>90\%$ (8000h)。

六、技术应用情况

该技术于 2013 年 9 月通过国家电光源质量监督检验中心的检验，并获得国家实用新型专利 6 项，外观专利 7 项。目前已在道路照明、工矿企业照明中推广应用，累计推广数量超过 20 万只。

七、典型用户及投资效益

典型用户：黑龙江明水县，江苏常州绿安州长江码头广场，浙江德清禹越、新安，大连甘井子区，上海第一食品上海江桥万达广场一店等。

典型案例 1

案例名称：大连甘井子区道路照明改造工程

技术提供单位：嘉兴雷明电子科技有限公司

建设规模：甘井子区道路照明 7437 盏道路灯改造。建设条件：直接更换光源。主要技改内容：4635 盏 250W 高压钠灯和 2802 盏 400W 高压钠灯分别采用 100W 和 50W 的 XED 灯进行改造。技改投资额 1100 万元，建设期 3 个月。年节能量 2203tce，碳减排量 5816tCO₂。节能经济效益 535 万元，投资回收期 2 年。

典型案例 2

案例名称：常州录安洲长江码头有限公司对常州长江码头照明改造工程

技术提供单位：嘉兴雷明电子科技有限公司

建设规模：680 盏高杆灯改造。建设条件：原有码头广场高杆灯 680 盏 400W 高压钠灯进行节能改造，直接更换光源。主要改造内容：680 盏 400W 高压钠灯

的高杆灯改造，采用 180W 的 XED 灯进行替代。技改投资额 122 万元，建设期 5 天。年节能量 252tce，碳减排量 665tCO₂。节能经济效益 99 万元，投资回收期 1.2 年。

八、推广前景和节能潜力

我国现有道路照明存量近亿盏，随着城镇化的快速发展，各种公共场所及工矿企业的照明需求量将持续增长。预计未来 5 年，该技术在照明行业可推广到 1%，项目总投资 36 亿元。可形成的年节能能力达 18 万 tce，碳减排能力 48 万 tCO₂。

17 三相工频感应电磁锅炉技术

一、技术名称

三相工频感应电磁锅炉技术

二、技术所属领域及适用范围

民用及商用行业 用于生活热水、饮用、采暖及工业锅炉预热等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前,我国的供热设备主要包括传统的燃煤、燃气和电热管锅炉以及新兴的太阳能、热泵系统。然而,我国的电热管锅炉实际能量转换效率相对偏低,太阳能和热泵系统又受环境的影响较大,传统化石燃料锅炉污染相对严重。三相工频感应电磁锅炉技术与热泵系统相比,初始投资及运行成本均有较大的节约空间。在不考虑能源利用品质的条件下,该技术与传统燃煤统锅炉相比具有较高的热效率,节能优势明显。特别是在我国峰谷电价差距较大的情况下,该技术用于热水制备具有良好的经济和社会效益。

四、技术内容

1. 技术原理

三相工频感应电磁锅炉的主机是一种特殊结构的水冷干式“短路变压器”,主机直接设置在循环水中,利用主机的副边外壳作为第一主发热体。设备主机副边受到电磁感应产生短路电流,进而产生热量,其漏磁又使循环水箱感应产生较大的涡流与磁滞,使循环水箱成为第二发热体。由于主机产可产生极大电流,因此可使效能达到最高,几乎可以将全部电能转化为热能。同时,由于该设备回收漏磁进行加热,又可将电网中无功功率充分利用,使其效能进一步提高。

2. 关键技术

(1) 特殊结构的电磁感应发热技术

利用主机外壳作为主发热的副边,使设备获得极高的加热效率,并保持良好的散热性能,同时有效降低制造成本。

(2) 高效电磁感应技术

副边感应电流达到极大状态(短路状态),使电流发热量最大,同时可有效

控制短路电流。

(3) 无功功率利用技术

利用电磁原理加热，其电能中的有功和无功都得到高效利用。

(4) 流体磁化技术

由于使用电子感应加热，使其周围的介质水在被加热的同时被磁化，可有效解决水体结垢问题。

3. 工艺流程

设备结构示意图见图 1。

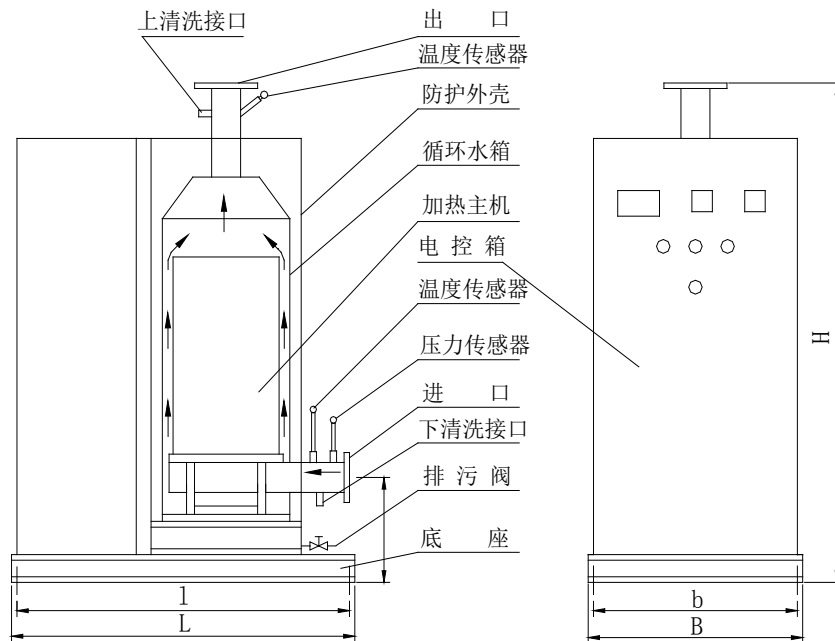


图 1 三相工频感应电磁锅炉结构示意图

五、主要技术指标

1. 有功功率转化热效率 $\geq 99\%$;
2. 功率因数 $\cos \phi \geq 0.98$;
3. 终端效率（即系统效率） ≥ 0.9 ;
4. 磁化功能：加热水不结垢，加热油不结炭，使用寿命长。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2014 年通过中国高科技产业化研究会组织的技术成果鉴定，并获得国家发明专利和实用新型专利 18 项，同时获得美国、日本和欧盟的发明专利各 1 项。目前，该技术已在沪东重机股份有限公司、常州常林机械有限公司等近

200 家企业实施应用，累计达 500 台套。

七、典型应用案例

典型用户：沪东重机股份有限公司、常州常林机械有限公司、吟飞科技（江苏）有限公司等。

典型案例 1

案例名称：沪东重机股份有限公司柴油机系统油路改造项目

技术提供单位：常州市三利电器有限公司

建设规模：21 条船用大马力柴油机试车车间串油及串水加热系统改造。建设条件：大型低速船用柴油机在试车前应按工艺要求，将 70t 的滑油、30t 的淡水加热到 75℃，串油串水过程中，油温水温保持 60℃。主要技改内容：将原蒸汽加热系统全部改成电磁锅炉系统。主要设备：21 台三相工频感应电磁锅炉。节能技改投资额 641 万元，建设期 2 个月。年可节能量 4654tce，年减排量 12286tCO₂，年节能经济效益为 1059 万元，投资回收期约 8 个月。

典型案例 2

案例名称：常州常林机械有限公司职工热水系统改造项目

技术提供单位：常州市三利电器有限公司

建设规模：2 台燃煤锅炉改造。主要技改内容：使用该电磁锅炉两台取代原燃煤锅炉，利用谷电蓄热供全天使用，主要设备包括 2 台三相工频感应电磁锅炉。节能技改投资额 50 万元，建设期 2 个月。年可节能量 1692tce，年减排量 4467tCO₂，年节能经济效益 91.43 万元，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术的应用可大幅消纳峰谷电，结合电能的高效利用，具有较大的节能潜力。预计未来5年，推广比例达到5%，项目总投资2.5亿元。可完成装机功率40万kW，相比传统燃煤、燃气、电热管锅炉，可形成年节能能力14万tce，年碳减排能力38万tCO₂。

18 热转印标识打印技术

一、技术名称

热转印标识打印技术

二、适用范围

机械、电力、交通、石油化工等行业 标识打印应用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统标识指示牌一般采用搪瓷、铝合金、不锈钢等材质，具有制作工艺复杂、生产周期长、造价高、使用寿命短、无法重复利用等局限，从而给标识应用领域造成了大量人力、物力、财力的浪费。传统标识在制作过程中能耗较大，以铝合金标识牌为例，加工过程通常包括机加成型、抛光、喷漆、丝网印刷环节，每吨铝合金标识牌的制作电能消耗约为1000 kWh，自来水消耗达6t，生产过程中会产生有害酸碱废液。如果采用热转印标识打印技术，可以大幅减少制作过程中的电力消耗和金属材料消耗。与传统制作技术相比，无需消耗水、煤及大量的电能等资源，也不需要使用酸碱溶液，使标识牌制作更加节能环保。

四、技术内容

1. 技术原理

热转印标识打印技术是利用工质在高温时的物理变化进行信息打印，通过打印头上的发热体将碳带上的油墨局部融化，同时施以压力将油墨分子附着在打印材料上形成图像，完成标识的制作。该技术打印的标识大小、使用寿命等特征不仅能满足传统标识的要求，而且在制作工艺流程中，减少了大量金属或陶瓷材料、水及电的消耗，同时避免使用酸碱溶液，具有良好的节能环保效益。

2. 关键技术

- (1) 宽幅打印技术：可制作最大幅宽 500mm 的标识牌，满足行业客户对标识牌的最大尺寸要求；
- (2) 多色打印技术：通过打印和数据处理同步设计，实现多色同时打印；
- (3) 碳带节省技术：在判断标签中无打印内容的区域后可自动抬起打印头，避免不打印区域的碳带浪费；

(4) 打印头压力可调技术：通过多个打印头压力档位设置，使打印机可以支持不同幅面耗材的打印。

3. 工艺流程

热转印打印机的内部结构如图 1 所示。安装好胶带纸及碳带以后，电源接通，热打印头抬起，同时送纸胶辊压下，绷紧碳带。打印开始后，胶带匀速出纸，碳带同步转动，热打印头将碳带加热并压印在胶带上，完成一张标识的打印。打印时，传感器检测到空白区域，打印头会自动抬起，节省碳带，避免浪费。

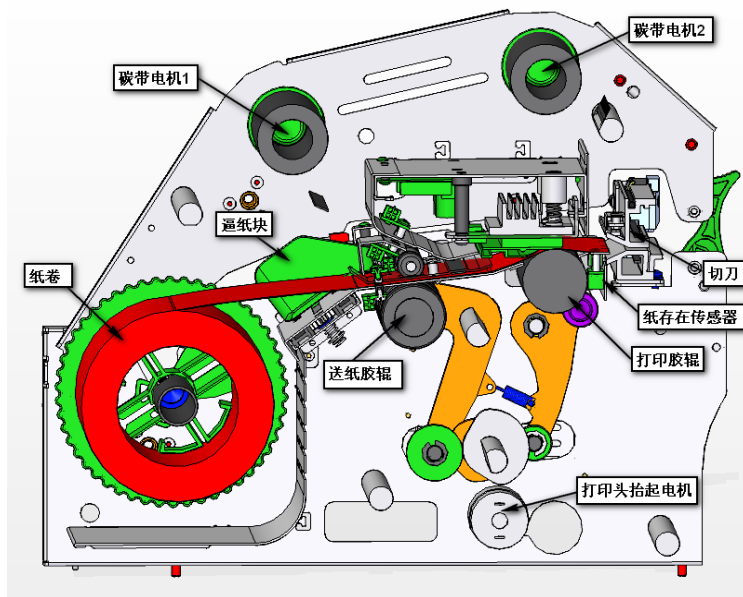


图 1 热转印打印机结构示意图

五、主要技术指标

1. 户外抗紫外线、耐腐蚀 8 年以上；
2. 耐磨性： ≥ 300 次；
3. 有效打印宽幅：500mm。

六、技术应用情况

该技术于 2011 年通过国家质量监督局的 3C 认证，2012 年通过国家纸张质量监督检验中心检测，2013 年列入北京市发改委“北京市节能减排推荐目录”。获得国家发明专利 4 项，实用新型专利 7 项。自 2012 年起，该项技术在电力行业推广应用，目前已被广泛应用于电力、能源、化工、交通等多个领域。

七、典型用户及投资效益

典型用户：哈尔滨超高压、黑龙江黑河背靠背 500kV 换流站、±800kV 宾金

线等

典型案例 1

案例名称：黑龙江电力公司营配贯通改造项目

技术提供单位：北京鼎一伟信科技发展有限公司

建设规模：标识近 53 万张，标识总面积 7.9 万 m²。主要技改内容：对全省 10kV 以下线路进行规范化建设。主要设备：14 台热转印打印机。项目总投资 2998 万元。与常规标识制作相比，节省时间近 130 天，年节能量 585tce，年碳减排量 1544tCO₂，节能的经济效益为 4200 万元。

典型案例 2

案例名称：天津电力公司配网信息化标识改造项目

技术提供单位：北京鼎一伟信科技发展有限公司

建设规模：电子标签近 6 万张，标识 0.4992 万 m²。主要技改内容：对天津电力公司配网标识进行信息化建设。主要设备：4 台热转印电子标签打印机。项目总投资 230 万元，与常规标识制作相比，年节能量 91tce，年碳减排量 240tCO₂。节能的经济效益 180 万元。

八、推广前景和节能潜力

据统计，目前我国每年需求标识约 2 亿多块，预计未来 5 年，热转印标识打印技术在行业内的推广比例可达到 35%，项目总投资 44 亿元，可形成的年节能能力约 10 万 tce，年碳减排能力 26 万 tCO₂。

19 基于减小螺旋桨运动阻力的船舶推进系统节能改造技术

一、技术名称

基于减小螺旋桨运动阻力的船舶推进系统节能改造技术

二、技术所属领域及适用范围

船舶行业 船龄较长、推进力不足、未安装导流罩等设备的旧船舶或新造船

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国是世界造船大国，造船能力已占全球 1/3 以上。而船舶作为交通运输行业典型的能耗大户，每年耗能量巨大。据统计，2012 年我国燃料油表观消费量为 3446 万 t，其中内贸船燃料油消费约为 680 万 t，随着国内贸易和内河水路运输的稳定增长，预计未来船用燃油量将保持年均 3%左右的增长率。同时，我国还存在大量船龄较长、推进力不足、燃油利用率普遍较低的船舶，对这些船舶的推进系统进行节能技术改造，已成为航运及造船业节能的重要选择。

四、技术内容

1. 技术原理

船舶螺旋桨工作时，通过电机驱动水流而产生推进力的同时，一部分动能会随螺旋桨尾流耗散到船后静止水体，造成能量损失。在保持原船推进主机、轴系不变的前提下，通过加装消涡鳍、前置预旋导轮，或可调螺距螺旋桨、高效导管等节能改造装置，对船舶的船桨推进系统进行技术改造，可有效降低螺旋桨运动阻力、回收螺旋桨尾流能量损失，从而提高船舶推进动力，达到提高能效、降低能耗目的。

2. 关键技术

(1) 桨前节能改造技术。通过在螺旋桨前加装预旋导轮等调整螺旋桨进流场，降低螺旋桨尾流中的能量损失；

(2) 桨后节能改造技术。通过在螺旋桨后增设消涡鳍等设备，回收螺旋桨尾流中的能量损失，从而提高船舶推进效率；

(3) 桨盘节能改造技术。采用 4 叶可调螺距螺旋桨、导管螺旋桨更换原有螺旋桨系统，或通过加装高效导管、伴流补偿导管对原螺旋桨进行改造，提高船

桨推进效率。

3. 工艺流程

船舶推进系统节能改造设备如图 1~3 所示。首先根据不同船只型号，设计可供选择的 4 叶可调螺距螺旋桨、高效导管、伴流补偿导管或消涡鳍、前置预旋导轮等节能改造装置，加工制造好设备后直接安装在待改造的船只上，通过不断实船调试校验，最后推广应用。

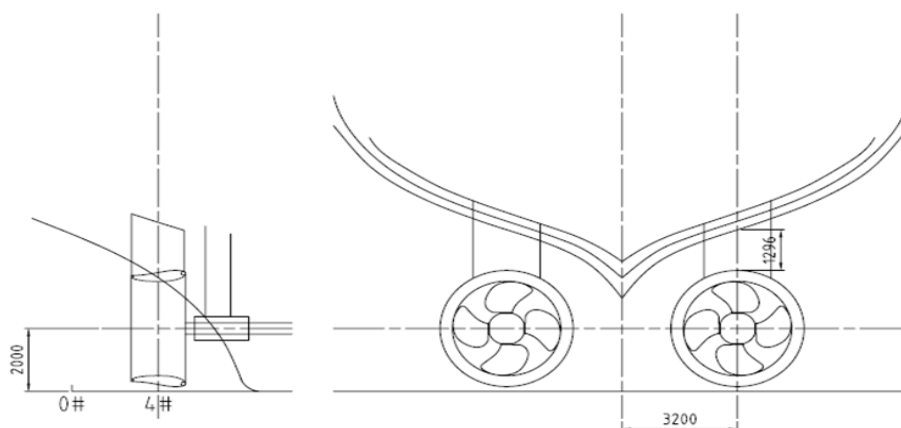


图 1 4 叶可调螺距螺旋桨示意图



图 2 前置预旋导轮示意图图



图 3 消涡鳍示意图

五、主要技术指标

1. 与原推进系统相比，船舶的系柱推力增加 20%~25%；
2. 与原推进装置相比，船舶逆水作业时，航速提高 0.1km~0.3km；
3. 节能效率平均提高 15%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

“新型可调螺距螺旋桨”和“高效导管改造技术”已于 2010 年通过上海市

科委组织的科技成果鉴定，目前已推广应用 4 船套，具有良好的节能效果和经济效益。消涡鳍、前置预旋导轮、伴流补偿导管等技术产品已获得国家发明专利 3 项，同时获得中国船级社（CCS）和英国船级社（LR）的认证，目前已推广应用消涡鳍 80 余套、前置预导轮 20 余套。

七、典型应用案例

典型用户：中港疏浚有限公司、江苏韩通船舶重工有限公司、大新船务、华泰重工、中船澄西船舶修造有限公司、江苏韩通船舶重工有限公司等。

典型案例 1

案例名称：航浚 4008 轮新型导管可调桨装置改造

技术提供单位：中港疏浚有限公司

建设规模：自航耙吸挖泥船新型导管和螺旋桨一船套。建设条件：船龄较长、推进力不足、未安装导流罩的自航耙吸式挖泥船。主要技改内容：设计和加装新型导管可调桨。主要设备为 4 叶可调螺距螺旋桨和高效导管。技改投资额 460 万元，建设期 1 个月。年节能量为 3190 tce，碳减排量为 6571 tCO₂，年节能经济效益为 1700 万元，投资回收期约 4 个月。

典型案例 2

案例名称：57000DWT 散货船水动力节能装置改造项目

技术提供单位：中国船舶科学研究中心

建设规模：改造一艘散货船推进系统。主要技改内容：根据该船的水动力性能特点，选择安装前置预旋导轮和消涡鳍。技改投资额 100 万元，建设期 1 个月。年节能量为 520 tce，碳减排量为 1380 tCO₂。年节能经济效益为 270 万元，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国船龄较长、推进力不足、未安装导流罩等新型节能设备的船舶数量较多，亟需进行节能技术改造。根据中国船舶工业行业协会统计，到 2015 年，我国造船业年完成载重量将占全球的 35%，成为世界最主要的造船大国，因此该技术在新造船上的应用潜力巨大。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达 25%以上，总投资 6.1 亿元。可形成的年节能能力为 40 万 tce，年碳减排能力为 87 万 tCO₂。

20 基于冷却塔群变流量控制的模块化中央空调节能技术

一、技术名称

基于冷却塔群变流量控制的模块化中央空调节能技术

二、技术所属领域及适用范围

建筑及工业领域 使用水冷式机组的中央空调系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

近年来，我国的建筑能耗不断升高，约占全社会能源消费的 28%~30%。2013 年，我国能源消费总量为 37.6 亿 tce，仅建筑能耗就达到 10.5 亿 tce 至 11.28 亿 tce。建筑用能中约有 50%的能耗与空调系统有关，中央空调能耗占医院总能耗的 35%~45%，占酒店总能耗的 50%~60%，占写字楼总能耗的 50%~60%。此外，数据机房及生产企业的中央空调也存在大量的能源消耗。提高中央空调系统能效，降低相关能源消耗，对于促进我国建筑行业节能减排具有重要意义。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术采用冷却塔群变流量技术，充分利用冷却塔有效换热面积，提高冷却效率，减少冷却水流量需求，降低主机及冷却水泵的能耗；采用双变流量技术，用一次泵系统实现主机定流量安全运行、末端变流量节能运行，降低冷冻水泵的能耗；由传统的采集所有温度、压力、流量等信号，由上位机集中处理后发出指令去驱动相关设备，变为独立采集相关设备信号后直接驱动的方式，实现模块化控制，各个设备按预先设定运行，实现系统高效运转。

2. 关键技术

(1) 模块化控制技术。由原来的集中采集信号变为各个模块独立采集信号，其优点在于系统可以标准化生产后大量普及；

(2) 智能型变流量冷却塔技术。采用水力稳压器以及变流量喷头组合而成。当流量变化时，能够均匀布水的冷却塔群，以实现冷却塔在流量变化时仍然保持高效，降低冷却水温度；

(3) 双向变流量技术。中央空调主机与末端流量互相补偿，以实现冷冻水

泵流量扬程的有效匹配，达到节省冷冻水泵电能的目的；

(4) 水力平衡控制技术。末端各个分支之间流量分配技术，以达到各个支路流量的有效分配，以此达到冷冻水泵电能以及损耗下降的目的。

3. 工艺流程

该技术以冷却塔变流量技术为前提，冷却塔模块根据采集的数据，在尽可能降低冷却水温度的前提下，使冷却塔风机节省电能；冷却泵模块根据采集的数据，控制冷却泵运转速度以及数量提高系统输送系数；主机策略模块根据冷机的特性，控制冷机工作在高效区；冷冻泵控制模块在双变流量技术的硬件支持下，达到末端与主机流量的互调，降低冷冻泵用电量；水力平衡模块负责调节各个支路的流量。利用配套研发的WISDOM平台，实现整个系统的智能化节能运行，其系统原理图见图1。

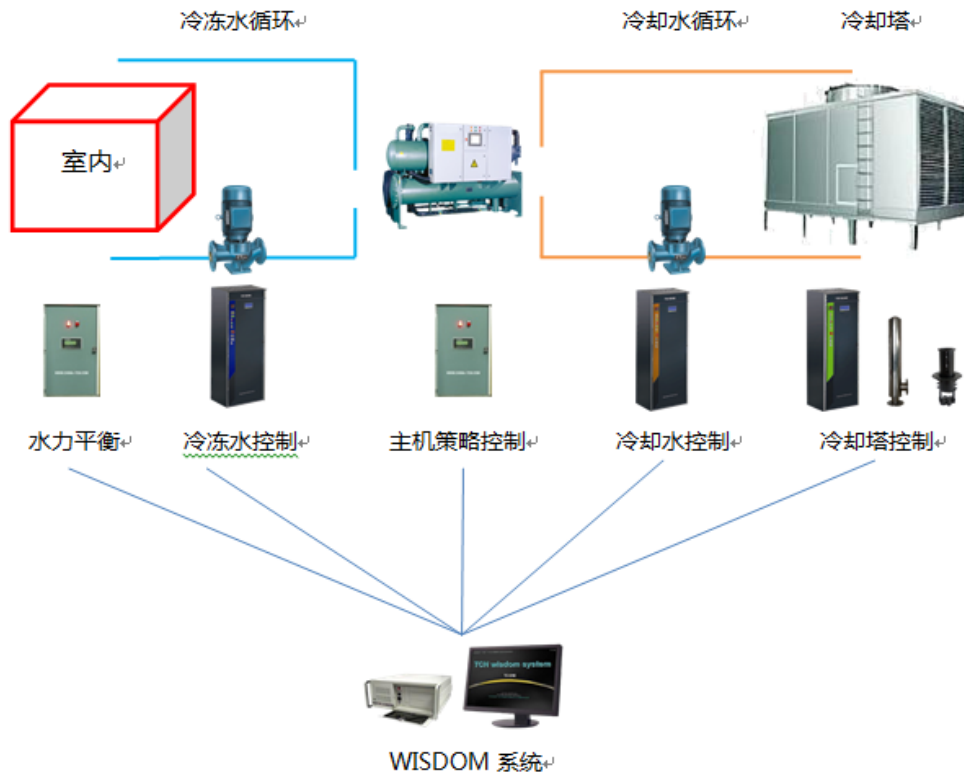


图1 模块化控制高效节能水冷式中央空调系统原理图

五、主要技术指标

1. 中央空调整体节能率： $\geq 30\%$ ；
2. 中央空调机房年综合制冷能效比：4~5。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术中的“冷却塔水力稳压器”和“智能型变流量冷却塔”分别于2011

年和 2013 年通过江苏省科学技术厅的高新技术产品认定,并于 2011 年获得国家火炬计划项目资金支持。此外,该技术已获得 11 项国家专利,其中发明专利 1 项,计算机软件著作权 5 项。目前,已在医院、酒店、商场、写字楼、电子厂、光伏厂、制药厂等 60 多个项目中成功应用。

七、典型应用案例

典型用户: 东方电气集团(宜兴)迈吉太阳能公司、宜兴市中医医院等。

典型案例 1

案例名称: 东方电气集团(宜兴)迈吉太阳能公司中央空调系统改造项目

技术提供单位: 江苏天纳节能科技有限公司

建设规模: 1.5 万 m²建筑面积。建设条件: 由离心式机组,横流式冷却塔和冷冻、冷却水泵构成水冷式系统。主要技改内容: 将原有 4 台 700m³/h 的冷却塔升级成智能型变流量冷却塔,对 3 台 1000RT 离心机进行主机策略控制,对 2 台 90kW 冷冻泵进行控制,对 2 台 75kW 冷却泵进行控制。主要设备包括: 冷却塔变流量喷嘴 1867 个,水力稳压器 DN200 型 16 个,冷却塔能效控制柜 2 台,冷却水能效控制柜 2 台,冷冻水能效控制柜 2 台,主机策略控制柜 2 台,监控终端 1 套。节能技改投资额 315 万元,建设周期 2 个月。每年可节能 823 tce,碳减排量 2172tCO₂。年节能经济效益 187 万元,投资回收期 1.7 年。

典型案例 2

案例名称: 宜兴市中医医院中央空调系统改造项目

技术提供单位: 江苏天纳节能科技有限公司

建设规模: 8 万 m²建筑面积。建设条件: 由蒸汽型溴化锂主机,横流式冷却塔和冷冻、冷却水泵构成水冷式系统。主要技改内容: 将原有 3 台壳管式换热器更换为 2 台浮动盘管式换热器;通过管路改动,实现冷热水共用循环水泵,拆除原有 3 台 18.5kW 热水泵;将原有 3 台 600m³/h 的冷却塔 90 度转向,并升级成智能型变流量冷却塔;对 3 台制冷量 2330kW 蒸汽型溴化锂主机进行主机策略控制;对 2 台 75kW 冷温泵进行控制;对 2 台 75kW 冷却泵进行控制。主要设备包括: 冷却塔变流量喷嘴 1200 个,水力稳压器 DN200 型 12 个,冷却塔能效控制柜 2 台,冷却水能效控制柜 2 台,冷温水能效控制柜 2 台,主机策略控制柜 2 台、热源策略控制柜 1 台,监控终端 1 套。节能技改投资额 296 万元,建设周期 2 个月。每

年可节能 884tce，碳减排量 2334tCO₂。年节能经济效益 220 万元，投资回收期约 1.3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着我国城镇化建设与建筑节能工作不断推进，大型建筑的中央空调节能改造将具有广阔的市场前景。预计未来5年，该技术在行业内的推广比例将达到1%，项目数量达500项，总投资额7.5亿元，形成的年节能能力为25万tce，年碳减排能力为66万tCO₂。

21 低辐射玻璃隔热膜及隔热夹胶玻璃节能技术

一、技术名称

低辐射玻璃隔热膜及隔热夹胶玻璃节能技术

二、技术所属领域及适用范围

建筑及建材行业 民用或商业建筑窗体

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国既有建筑窗户玻璃维护市场约 100 亿 m^2 ，每年新增建筑窗户玻璃 2 亿 m^2 ~3 亿 m^2 。由于我国节能玻璃起步较晚且价格相对较高，造成节能玻璃技术推广较为缓慢。据测算，我国每年通过窗户损失的能耗约占全社会终端总能耗的 13.8%，占建筑能耗 50%以上。该技术的应用可以降低通过窗户损失的能耗，减少建筑用能，其市场前景广阔，节能潜力较大。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术是在聚酯薄膜上涂布具有高反射红外、紫外光谱性能的金属及金属氧化物，经压制贴合制成隔热膜，其具有隔热节能、抗紫外线、美观舒适、安全防爆等特性。隔热膜贴于既有建筑的玻璃表面可以起到良好的隔热作用，可减少建筑物内热能的损失。同时，该隔热膜用于复合玻璃中，可制成夹胶玻璃，其效果与镀膜玻璃特性类似，但工艺更为简单，成本更低，具有较大的节能潜力。

2. 关键技术

- (1) 控制红外反射率的溅射技术：关键材料选择和溅射工艺；
- (2) 纳米涂布技术：纳米材料分散、材料选择和精密涂布技术；
- (3) 紫外阻隔技术：阻隔紫外线材料的选择和分散涂布技术；
- (4) 夹胶玻璃组装技术。

3. 工艺流程

隔热膜的结构包括硬化层、PET 聚酯片基、隔热层和背胶层。其中，硬化层暴露在空气中，具有抗摩擦和抗腐蚀的作用；隔热层阻挡太阳光中的红外线透过进入室内，起到隔热的效果；背胶层具有与玻璃有黏贴作用的同时，阻挡阳光中

的紫外线进入室内对人体和物体造成伤害，其结构原理如图 1 所示。

隔热夹胶玻璃结构主要包括玻璃、PVB 胶膜和隔热膜。其中，PVB 主要起与玻璃粘结的作用，赋予玻璃防碎防爆的安全功能；隔热层具有阻隔紫外线和红外热线的作用，其结构原理如图 2 所示。

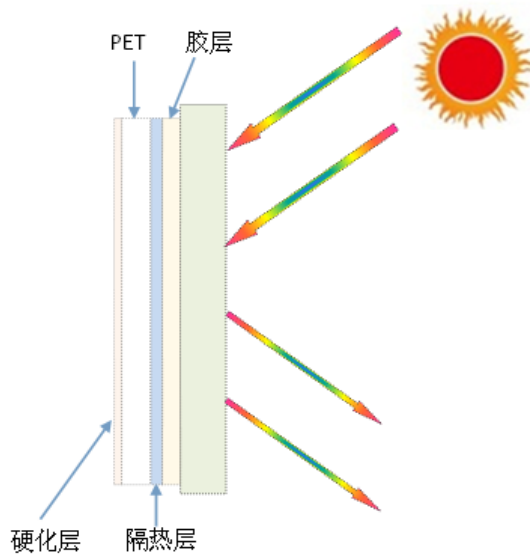


图 1 窗户玻璃隔热膜结构示意图

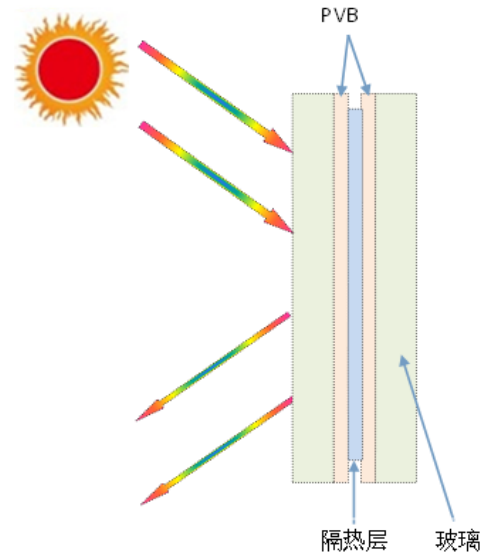


图 2 隔热夹胶玻璃结构示意图

五、主要技术指标

1. 窗户玻璃隔热膜技术指标

- (1) 可见光透过率 $\geq 56\%$;
- (2) 红外线透过率 $\leq 8\%$;
- (3) 紫外线透过率 $\leq 1\%$;
- (4) 太阳能总隔阻率 $\geq 60\%$;

2. 隔热夹胶玻璃技术指标

- (1) 可见光透过率 $\geq 55\%$;
- (2) 红外线透过率 $\leq 5\%$;
- (3) 紫外线透过率 $\leq 0.5\%$;
- (4) 太阳能总隔阻率 $\geq 65\%$;

六、技术应用现状及产业化情况

该技术于 2014 年 5 月国家安全玻璃及石英玻璃质量监督检验中心的检测认定，并已获得国家发明专利 5 项，实用新型专利 1 项。目前，该技术已在乐凯胶片股份有限公司、保定市永屹机电设备安装维修有限公司等 4 家企业应用。

七、典型用户及投资效益

典型用户：乐凯胶片股份有限公司、保定市永屹机电设备安装维修有限公司等

典型案例 1

项目名称：保定市永屹机电设备安装维修有限公司建筑窗体玻璃改造项目

技术提供单位：中国乐凯集团有限公司

建设规模：既有建筑窗体玻璃 1.2 万 m²。建设条件：已有建筑未采用节能技术的窗体玻璃。主要技改内容：居民小区和办公大楼建筑玻璃直接贴隔热膜。项目投资约 90 万元，建设期约 1 个月。年节能量 192tce，年减排量 507tCO₂。每年可获得经济效益约 17 万元，投资回收期约 5 年。

典型案例 2

项目名称：乐凯胶片股份有限公司空中走廊玻璃窗改造项目

技术提供单位：中国乐凯集团有限公司

建设规模：既有建筑窗体玻璃 100 m²。建设条件：已有建筑未采用节能技术的窗体玻璃。主要技改内容：将原有中空玻璃替换成隔热夹胶玻璃。技改投资为 2 万元，建设期约 7 天。年节能量 2.3tce，年减排量 6.1tCO₂。每年可获得节能经济效益 4000 元，投资回收期约 5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，有超过 100 亿 m²的玻璃节能改造市场，而具有较大需求的玻璃节能改造市场超过 1 亿 m²。预计未来 5 年，隔热膜及隔热夹胶玻璃技术应用比例将达到 10%，累计面积达 1000 万 m²，项目总投资规模达 10 亿元，每年可形成节能能力约 21 万 tce，年碳减排能力 55 万 tCO₂。

22 机房智能直冷优化应用技术

一、技术名称

机房智能直冷优化应用技术

二、技术所属领域及适用范围

通信行业 数据中心环境维持系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据工信部的统计数据，2013年我国数据中心用电量约占全社会用电量的5%，即2600亿kWh，其中约40%被机房制冷系统消耗，年消耗的电量约为1060亿kWh，折合标准煤约3400万t。目前，我国的数据中心机房制冷主要依靠传统空调技术，不但耗电量巨大，而且电能使用效率（PUE）较高，因此具有较大的节能空间。机房智能直冷优化应用技术可替代现有机房传统空调制冷系统，有效降低空调运行耗电量，节能效果良好。

四、技术内容

1. 技术原理

机房智能直冷优化应用技术利用制冷剂自然相变循环原理，以温差的形式产生压差，驱动制冷剂工质的自然相变循环流动，实现室内外无动力热量交换。同时，采用机房能效管理软件及环境维持系统监控软件，实现按需供冷的自适应冷量调节及机柜级温度场控制。采用该技术的智能冷却终端，可显著降低机房原有空调制冷系统运行时的耗电量，实现节能。

2. 关键技术

（1）机房内外无动力热量交换技术

安装在机柜背部制冷终端内的液态制冷剂吸热后蒸发为气态，依靠重力作用，沿制冷剂导管自然流动至室外冷量分配单元，冷凝后变为液态，又自然回流至智冷终端内，依此循环，源源不断地将室内机柜产生的热量排放至室外，实现机房室内外的无动力热量交换。

（2）按需供冷的自适应冷量调节技术

每台机柜内设备的发热量不同，制冷终端内制冷剂蒸发量不同，从而使冷却回流液带回的制冷量不同，通过机房能效管理软件，可自动调节智冷终端及室外冷源的制冷量，实现按需供冷。

(3) 机柜级温度场控制技术

传统机房制冷是利用高密空调同时面向多个机柜组制冷，从而导致离空调通风口距离不同，制冷效果不同。本技术直接在每个机柜背部安装智冷终端，独立面向机柜热源均匀制冷，解决机房温度环境局部过热的问题。

3. 工艺流程

机房智能直冷优化应用技术运行流程如图 1 所示。机房内（图右侧）每个机柜排出的热风，使安装在其背部的智能冷却终端内的制冷剂工质受热后发生相变，由液态蒸发为气态，依靠压差沿制冷剂气体管路将热量带到室外系统（图左侧）的冷量分配单元，在冷量分配单元内与室外冷源进行热交换；制冷剂工质受冷后由气态冷凝为液态，依靠自身重力沿制冷剂液体管路回流到智能冷却终端内，从而完成一个完整的热力循环，机房内产生的热量依此源源不断传递到室外。当室外湿球温度低于 14℃时，系统自动启用冷却塔，不启用冷水机组压缩机，充分利用自然冷源，达到节能的目的。

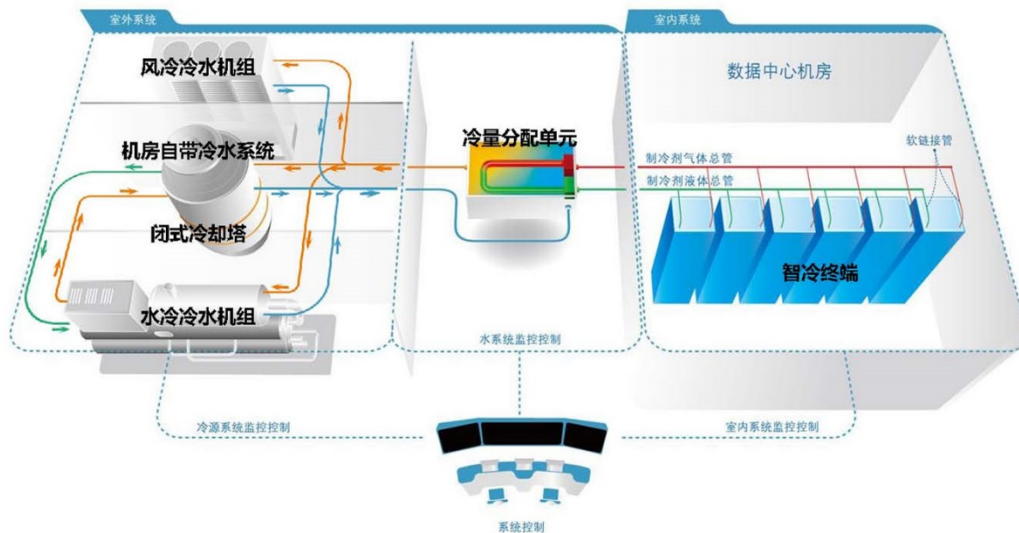


图 1 系统运行流程示意图

五、主要技术指标

1. 节能率 $\geq 30\%$;
2. PUE 指数 ≤ 1.3 。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年通过中国电子学会组织的技术成果鉴定。目前，已规模应用于电信运营商、政府、军队、高校、企事业单位等 800 多个数据中心，运行状态良好，节能效果明显。

七、典型应用案例

典型用户：中国移动、中国联通、中国电信、中石油、国家电网等。

典型案例 1

案例名称：中国电信股份有限公司南通分公司机房制冷改造项目

技术提供单位：中能深思（北京）节能技术有限公司

建设规模：安装 13 台智能冷却终端，单机柜制冷能力为 6kW/rack。主要技改内容：机房共布置 134 台机柜，其中 13 台安装智能冷却终端，独立为服务器提供制冷服务。主要设备：13 台智能冷却终端，1 台冷量分配单元，1 套智能控制系统，1 台冷却塔，1 台水冷冷水机组。技改投资额 44 万元，建设期为 1 个月。年节能量为 105 tce，碳减排量为 227 tCO₂。年节能经济效益 32 万元，投资回收期约为 1.4 年。

典型案例 2

案例名称：大庆石油管理局机房制冷改造项目

技术提供单位：中能深思（北京）节能技术有限公司

建设规模：安装 8 台智能冷却空调，单机柜制冷能力为 6kW/rack。主要技改内容：机房布置有 8 架机柜，全部进行智能冷却终端系统改造。主要设备：8 台智能冷却终端，2 台冷量分配单元，1 套智能控制系统，1 台风冷冷水机组。节能技改投资额 31 万元，建设期为 1 个月。年节能量为 36 tce，碳减排量为 78 tCO₂，年节能经济效益 11 万元，投资回收期约 2.8 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国数据中心机房主要依靠传统空调技术制冷，耗电量巨大，PUE指数较高。据统计，未来5年我国数据中心年用电量可达4000亿kWh，其中约40%被机房制冷系统消耗。预计未来5年，该技术的推广比例可达10%，总投资约为16.4亿元，可实现年节能能力为154万tce，年碳减排能力为334万tCO₂。