

能源基金会

《重大节能新技术产业化示范工程》  
实施方案

中国质量认证中心

2012年6月

## 目 录

一、现状和问题 .....	4
(一) 现状 .....	4
(二) 存在的障碍和问题 .....	4
1、节能技术分散不宜收集 .....	5
2、节能技术信息真伪难辨 .....	5
3、缺乏节能技术认定、遴选和推广机制 .....	5
4、激励政策缺少针对性 .....	5
5、企业积极性有待提高 .....	6
6、标准体系有待健全 .....	7
7、服务机制不完善 .....	7
二、指导思想、基本原则和主要目标 .....	8
(一) 指导思想 .....	8
(二) 基本原则 .....	8
1、国内外节能技术服务于国内需求 .....	8
2、客观评价和主观论证相结合 .....	9
3、政府、市场及企业各司其职 .....	9
4、选择并实施个性化政策组合 .....	9
5、创新推广机制及政策工具 .....	9
(三) 主要目标 .....	10
1、基本建立节能技术收集、认定和遴选机制 .....	10
2、建立节能技术政策选择机制 .....	10
3、节能技术产业初具规模 .....	10
4、技术节能贡献有效提升 .....	10
三、实施内容 .....	11
(一) 建立节能技术征集、认定、遴选和推广的机制 .....	11
1、建立广泛的节能技术征集渠道，政府和市场化相结合 .....	11
2、建立节能技术认定制度 .....	12
3、完善重大节能技术遴选机制 .....	12
4、建立节能技术分级分类管理制度 .....	13
5、建立节能技术信息发布和动态更新体系 .....	13
6、建立节能技术推广机制 .....	13
7、建立节能技术推广效果定期跟踪和评估机制 .....	13
8、建立节能技术吸收引进平台 .....	14
9、建立节能技术交易机制 .....	14
10、研究建立节能技术推广专项基金 .....	14
(二) 节能重点领域及重点推荐新技术 .....	14
1、余能回收利用类 .....	15
2、能源加工转化输送与储存节能类 .....	18
3、生产工艺节能类 .....	21
4、用能设备节能 .....	23
5、节能技术服务和信息化 .....	28
6、其他节能 .....	29

四、配套政策与措施 .....	30
(一) 加强组织领导 .....	31
(二) 加大政策支持力度 .....	31
(三) 开展节能技术认定和遴选工作 .....	32
(四) 完善节能技术激励机制 .....	32
(五) 加强项目管理与监督 .....	33
(六) 完善节能技术标准体系 .....	33
(七) 健全节能技术服务体系 .....	34
(八) 加强节能技术市场化机制建设 .....	34
(九) 开展培训、交流和宣传工作 .....	34
(十) 加强国际交流与合作 .....	35
五、投资和效益 .....	35
附件 .....	39
一、    低浓度瓦斯、乏风瓦斯发电技术 .....	39
二、    煤矿低温热能回收技术 .....	44
三、    低品位余热发电 .....	48
四、    火电厂烟气综合优化系统余热深度回收技术 .....	52
五、    机械式蒸汽再压缩技术 .....	56
六、    低热值高炉煤气—蒸汽联合循环发电 .....	60
七、    空冷机组高效节能技术 .....	64
八、    分布式冷热电联产技术 .....	68
九、    基于吸收式换热的新型热电联产集中供热技术 .....	72
十、    铝电解槽新型阴极结构及烘焙启动与控制技术 .....	76
十一、   氧阴极低槽电压离子膜法电解技术 .....	80
十二、   新型高效煤粉锅炉系统技术 .....	84
十三、   塑料注射成型伺服驱动与控制技术 .....	89
十四、   循环水系统节能技术 .....	93
十五、   稀土永磁无铁芯电机节能技术 .....	97
十六、   对旋风机节能技术 .....	102
十七、   重型卡车废气余热利用装置 .....	106
十八、   半导体照明 .....	111
十九、   高效低碳燃气炊具 .....	116
二十、   能耗管控系统技术 .....	119
二十一、  节能镀膜玻璃技术 .....	123

## 一、 现状和问题

### （一）现状

“十一五”期间，国家通过节能技术研发示范、重点工程、发展节能服务产业，以及系列节能政策的刺激和推动，节能技术的推广和产业化快速发展，技术节能对节能降耗的贡献日益增大，节能产业的规模、结构、技术水平和市场化程度大幅度提升。

为减少企业选择节能技术的难度，加快推广普及重点节能技术，自 2008 年 5 月国家发展改革委先后公布《国家重点节能技术推广目录》（已公布四批），《目录》涉及煤炭、电力、钢铁、有色金属、石油化工、建材等共 137 项高效节能技术，引导用能单位采用节能新工艺、新技术和新设备，提高能源利用效率；国家发展改革委组织实施包括燃煤工业锅炉（窑炉）改造等在内的“十大重点节能工程”，累计实现节能能力 2.97 亿吨标准煤，超出了设定的节能 2.4 亿吨标准煤的目标（未含替代石油），对“十一五”单位 GDP 能耗降低目标的贡献率超过 44%；开展了冰蓄冷区域供冷等系列节能试点示范工程，一批成熟的重大节能技术和装备，已经初具应用规模。

### （二）存在的障碍和问题

我国虽在节能技术进步、推广和应用取得了显著成绩，但面对新的市场需求和国际竞争态势，也暴露出激励政策不健全、企业参与积极性不高、市场机制不完善等一些问题，不能满足我国实现国家节能

减排的要求。

目前，我国节能技术进步存在的问题主要包括：

### 1、节能技术分散不宜收集

节能技术具有分散性特点，一般掌握在企业手中，从研发、使用、确定节能效果需要相当长得周期，国家缺乏统一的征集渠道，使得节能技术没有很好的渠道进行推广，影响了节能技术的使用。

### 2、节能技术信息真伪难辨

节能技术具有时效性特点，有的技术两年前是节能技术，但是现在就已成为过时技术，在一些媒体、网络等上面被一些虚假、过时节能技术信息所充斥，影响了使用者了解相关技术，需要国家建立统一的节能技术信息发布渠道，定期跟踪和更新节能技术信息。

### 3、缺乏节能技术认定、遴选和推广机制

市场上的节能技术很多，又涉及到各行各业，如何确定是不是节能技术；如何评价技术的先进性、节能效果、适用性等；如何确定哪些技术需要国家、地方或行业给予政策支持等问题制约着节能技术市场的发展。国家需要建立节能技术认定、遴选和推广的长效机制，规范节能技术市场。

### 4、激励政策缺少针对性

财政政策门槛较高，政策优惠覆盖面不够。尽管目前国家在节能

减排方面的投入在逐年增加，但对于一些共性/关键的新开发节能技术，由于没有成熟的标准体系，且其单项应用年节能量不够大和节能效益回收期长，难以享受到现有的节能产品惠民工程、重点节能工程以及合同能源管理推广政策。例如，节能产品惠民工程有能效标准和产品范围限制，重点节能工程有投资额或节能量限制，合同能源管理则更倾向于初始投资小以及回收期短的技术。

节能税收政策有待进一步落实。近年国家出台了一系列支持节能减排技术研发与转让，鼓励企业使用节能减排专用设备等税收政策，但是这些政策的落实难度较高，实施范围和取得的效果仍然有限。

融资支持力度有待加大。由于节能技术通常具有推广成本高，投资回收期长，投资机构不愿对其进行投资，金融机构对节能技术的信贷支持力度和金融服务相对于技术推广应用的需求来说，远远不够。

## 5、企业积极性有待提高

企业节能压力小，节能意识弱。在目前能源资源价格尚不到位的情况下，企业和社会缺乏珍惜和节约能源资源的压力和动力。大多数大企业普遍存在“重开发、轻节约，重速度、轻效益”的倾向，对节能技术的重要作用的认知严重不足，而很多中小型企业，能源费用占其生产成本的比例较低，因此对于节能技术的使用也不够重视。

企业自有资金的限制。由于一些节能技术/设备的价格相对于普通产品偏高，企业投资的门槛相对较高，一些企业受自身实力的限制，难以对节能技术/设备进行投入。

企业对采用新兴节能技术的顾虑。由于节能技术/设备的市场仍处于发展初期，且企业对节能技术没有充分了解，出于规避风险的原因，企业对采用新技术多持观望态度。

企业对二次投资缺乏动力。对于多数企业来说，节能技术/设备的投入一般属于二次投资，不同于传统技术，主要产生节能效益，因此企业缺乏经济动力，同时由于惰性原因，也很少考虑采用。

## 6、标准体系有待健全

标准体系不完善。由于新开发的节能技术相关能效标准尚未出台，认证制度尚未建立，节能技术/设备进入国内国际市场存在较大障碍。

## 7、服务机制不完善

专业人才匮乏。在节能技术的使用、市场推广、品牌建立等方面，缺乏专业技术人才、销售人才和管理人才。

中介服务机构的推动作用有待加强。节能技术咨询、服务以及信息处理与传播的中介服务机构目前发展程度仍然较低，需进一步加强。

总之，技术进步是节能降耗的根本途径。“十二五”期间，为加快重大节能技术的推广和产业化，实施重大节能技术产业化示范工程，一方面可为实现“十二五”国家节能目标做贡献，另一方面也能为“十三五”和“十四五”做好节能技术储备，同时还可满足国家加

快培育和发展节能战略性新兴产业的切实要求，需要把重大节能技术的进步放在更加突出的地位。“十二五”期间，将新设立节能技术产业化示范工程，加大对重大节能技术示范和产业化的扶持力度。

## 二、指导思想、基本原则和主要目标

### （一）指导思想

全面落实科学发展观，坚持“节能优先、科技为本、政府引导、市场推动”的基本思路。以提高能源利用效率为核心，以政府为引导，以市场为导向，以企业为主体，依托节能减排技术产业化示范工程，实施一批重大节能共性、关键技术产业化示范项目，推广一批潜力大、应用面广的重大节能技术，开发和推广高效节能产品与装备，提高高效节能产品和高效节能装备的制造水平；形成节能技术评价认定体系，建立节能技术遴选、分级分类管理及示范、推广的动态管理机制，强化政策引导，加大资金投入，规范市场机制，为实现“十二五”国家节能减排目标，把节能产业培育成新兴的支柱产业奠定基础。

### （二）基本原则

#### 1、国内外节能技术服务于国内需求

技术遴选要坚持满足国内节能减排需求为出发点，通过国外引进、国内征集等方式，力求遴选的重大节能技术是共性的、关键的技术，能够解决我国节能技术发展的瓶颈问题，对国家、地方及行业节



能目标实现起到促进作用，有效的推动节能产业快速发展。

## 2、客观评价和主观论证相结合

重大节能技术的评价、遴选，对引领节能技术的发展方向至关重要。节能技术涉及各行各业，既要综合考虑行业的因素，同时又要考虑对社会效益、环境效益、经济效益的贡献，所以重大节能技术的遴选要坚持客观评价和主观论证相结合的原则。

## 3、政府、市场及企业各司其职

既要充分发挥市场优化配置资源的基础性作用，使企业真正成为技术创新和产业发展的主体，又要充分发挥政府对节能产业的引导和推动作用，在政策法规、体制机制等方面营造有利于节能技术推广与节能产业发展的良好环境，推动节能技术进步，引导节能产业有序发展。

## 4、选择并实施个性化政策组合

重大节能技术的推广要按照国家、地方和行业实行分级分类管理，对于节能技术推广既要出台通用性的政策措施，同时又要考虑到技术特性、行业特性，有针对性的出台个性化的政策措施，力求解决节能技术推广的根本问题。

## 5、创新推广机制及政策工具

节能技术及市场的发展日新月异，要创新及调整推广机制及政策

工具，保持机制及政策对节能技术发展的推动作用。

### **（三）主要目标**

#### **1、基本建立节能技术收集、认定和遴选机制**

“十二五”期间，通过体制和机制创新，理顺节能技术收集渠道，建立统一的节能技术收集平台，确立节能技术认定制度，基本建立客观评价和主管论证相结合的重大节能技术的评价和遴选机制。

#### **2、建立节能技术政策选择机制**

重大节能技术实行国家、地方和行业实行分级分类管理，按照节能技术适用行业、领域、特点等建立节能技术政策选择机制，确保政策落地。

#### **3、节能技术产业初具规模**

到 2015 年，节能减排技术产业化和推广工作取得重大突破，建成一批节能减排技术示范工程、产业化基地和工程中心，形成一批拥有自主知识产权和自主品牌，具有核心竞争力的节能产品及装备制造、服务企业。

#### **4、技术节能贡献有效提升**

通过实施节能减排技术产业化示范工程，到“十二五”末期，实现年节能 1500 万吨标准煤以上，在新技术的推动下，部分行业、部分

产品单位能耗指标达到世界领先水平。

### 三、实施内容

#### （一）建立节能技术征集、认定、遴选和推广的机制

节能技术产业化示范工程是一项系统工程，需要从征集、遴选、认定和推广等多环节进行系统考虑，形成一套涉及管理体系、制度建设、平台搭建、资金支持等方面的有效运行机制。一是建立广泛统一的节能技术征集渠道；二是建立节能技术评价认定制度；三是完善重大节能技术的遴选机制；四是建立节能技术进行分级分类、发布和动态管理制度；五是建立节能技术推广效果定期跟踪和评估机制；六是建立节能技术信息发布和传播体系；七是建立节能技术吸收引进平台和交易平台；八是建立节能技术推广专项基金。通过制度建设和机制创新，理顺节能技术征集、认定、遴选和推广流程，推动重大节能技术产业化示范工程的顺利实施，充分发挥技术节能的重要作用，提高全社会能源资源的利用效率。

##### 1、建立广泛的节能技术征集渠道，政府和市场化相结合

充分发挥政府和行业主管部门的引导作用，逐步完善政府、行业组织、专业机构、行业专家、企业五位一体的技术征集渠道，由国家节能主管部门设立全国统一的节能技术信息化征集平台，实行政府管理、专业机构运作的市场化模式，定期汇总、发布成熟度高、应用效

果好的技术，建立节能技术专家库、节能技术信息库，依托此平台开展节能技术交流、展示和推广工作。

## 2、建立节能技术认定制度

借鉴国外节能技术认定和国内节能产品认证模式，研究并建立适合我国的自愿性节能技术认定制度，发布《节能技术认定管理办法》，制定相关认定标准和实施准则，由国家节能主管部门授权权威技术机构开展认定工作。按照评定结果，对节能技术实施分级分类管理。

## 3、完善重大节能技术遴选机制

对经过认定的节能技术，采取客观评价与专家论证相结合的方法，按照节能潜力、技术特征、经济特征、能效水平、可实施性等指标同行业进行比较分析(评价指标见下表)，兼顾技术实施后的社会效益、环境效益等因素，得出综合评价结论。出台相关技术、设备、管理标准和操作流程，逐步完善重大节能技术标准体系。

遴选重大节能技术的评价指标

一级指标	权重	二级评价指标
节能潜力	30%	节能潜力
		推广前景
技术特征	25%	共性或关键
		技术先进性
		技术可靠性
		技术成熟度
		技术匹配性
经济特征	20%	节能成本
		投资回收期
		运行维护费用
能效水平	15%	节能量
		节能率

		生产过程综合能耗和报废处理能耗
可施实性	10%	特定行业指标
		知识产权归属
		技术力量
		成功案例

#### 4、建立节能技术分级分类管理制度

依据重大节能技术遴选综合评价结论，对重大节能技术实施分级分类管理，按照重要程度和优先次序分为国家推广、地方及特定领域行业推广、市场化机制推广。

#### 5、建立节能技术信息发布和动态更新体系

国家节能主管部门定期发布《重大节能技术推广目录》（以下简称目录），随着节能技术的发展、提高和创新，动态调整《目录》。

#### 6、建立节能技术推广机制

列入《目录》的技术，通过召开现场推介会、技术交流论坛、专业展览等形式，逐步形成以节能信息平台为核心，专业媒体、行业媒体和大众媒体为补充的节能技术推广体系。

#### 7、建立节能技术推广效果定期跟踪和评估机制

列入《目录》的技术，按照推广进度，组织节能技术服务和监察机构对推广效果定期跟踪和评估，出具《重大节能技术推广效果评估报告》。

## 8、建立节能技术吸收引进平台

鼓励吸收引进国外先进节能技术，由国家节能主管部门建立国际节能技术吸收引进平台，采取政府主导，市场化运作模式对平台进行管理。

## 9、建立节能技术交易机制

逐步建立节能技术交易机制，试点建立节能技术交易中心，鼓励节能技术通过转让、入股等方式，扩大推广比例。

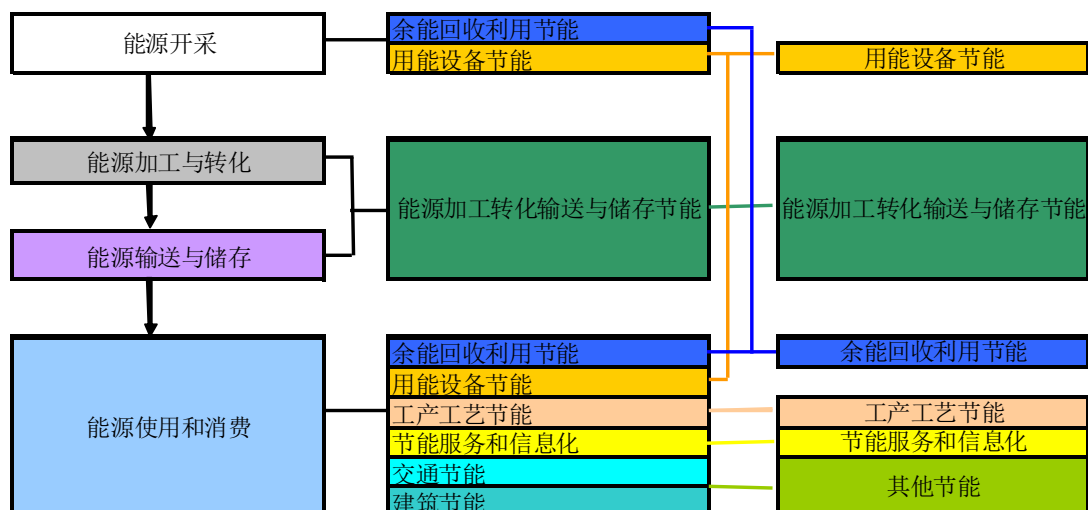
## 10、研究建立节能技术推广专项基金

在充分调研国内外经验的基础上，开展节能技术推广专项基金可行性、资金规模、运作方式、管理手段研究。适时建立国家节能技术推广专项基金，通过补贴、担保、贴息、入股等方式支持重大节能技术示范和产业化项目。

## （二）节能重点领域及重点推荐新技术

节能工作涉及方方面面，从能源开采、加工、转换、输送、分配，到终端利用，均存在大量的能量损失和浪费，找出共性的、关键的、亟需示范与推广的节能减排技术，需要对节能技术领域进行科学划分。根据我国节能工作现状以及面临的节能需求，在“十二五”期间乃至更长期，我国需要在余能回收利用节能、能源加工转化输送与储存节能、生产工艺节能、用能设备节能、节能服务和信息化和其他节能等六方面，大力推动节能新技术、新工艺，加快发展节能产业。（分

类原则见下图)



作为研究的重要内容之一，课题组按照上述分类原则对六类技术初步调研了超过 80 项技术，对每类技术遴选了技术先进、节能潜力大的 21 项技术，具体包括：

## 1、余能回收利用类

### (1) 现状与潜力

能源的加工、转化，乃至利用过程中产生大量的余热余能，尚未有效利用。首先，我国煤炭、天然气、冶金、化工、水泥等行业存在着大量的低品位或间歇性的余压余热，余热资源总量达 8 亿吨标煤，低温余热约占 30%，有 2.4 亿吨标煤，若低温余热发电能够得以推广，则每年可产生 1951 亿度电，相当于年节能 6926 万吨标煤。但是，这些余压余热规模较小、温度低（70-300℃），无法采用大规模的高温高压发电设备进行回收利用，回收利用难度大，所涉及的某些技术瓶颈在国内外均未突破。其次，能源转化利用中产生的大量伴生可燃气

未能实现高效回收利用。我国钢铁企业的焦炉气、高炉气、转炉气，焦化企业的焦炉气等可燃气体大量放空，造成能源的严重浪费，同时污染了环境。据统计：我国钢铁企业每年高炉煤气散放量达到 614 亿立方米，约折合标煤 880 万吨；每年空排的焦炉煤气近 200 亿立方米，约折合标准煤 1100 万吨。如何有效余热余能资源是我国能源加工、转化与利用的节能重点。

## （2）拟推荐的新技术

### ◆ 低浓度瓦斯与乏风瓦斯发电技术

主要工作包括：建设低浓度瓦斯发电站：设计瓦斯安全输送工艺流程，解决低浓度瓦斯安全输送问题；示范瓦斯发动机组及控制系统。建设矿井乏风利用系统，主要是矿井乏风氧化利用供热或发电。

投资需求：总投资 15 亿元

节能能力：45.5 万吨标准煤

### ◆ 煤矿低温热能回收技术

主要工作包括：开展适用于矿井低温热源的高效节能环保型水源热泵机组、矿井回风热能提取装置、高效低噪音的井筒防冻散热器、坑口电厂冷却水热回收水源热系统示范与推广。

投资需求：总投资 100 亿元

节能能力：210 万吨标准煤

### ◆ 低品位余热发电

主要工作包括：研发适合不同工质和不同温度工况的系列膨胀动



力机、蒸发器和冷凝器；优化集成低品位余热余压发电设备，选择有代表性的领域和企业进行示范。建设膨胀动力装置及中低温余热余压发电设备的生产基地，实现大规模产业化。在电力、钢铁、水泥等领域进行推广应用低品位余热余压发电技术。

投资需求：总投资 300 亿元

节能能力：420 万吨标准煤

#### ◆ 火电厂烟气综合优化系统余热深度回收技术

主要工作包括：排烟余热回收装置即烟气冷却器的设计；排烟余热回收装置即烟气冷却器的防腐；排烟余热利用系统即低压给水加热器或者暖风器的设计；热力系统优化设计和控制。

投资需求：总投资 75 亿元

节能能力：300 万吨标准煤

#### ◆ 机械式蒸汽再压缩技术

主要工作包括：机械式蒸汽再压缩蒸发器的工艺和设备配套选型设计、系统的自控设计、压缩风机的设计等。

投资需求：总投资 34 亿元

节能能力：145 万吨标准煤

#### ◆ 低热值高炉煤气-蒸汽联合循环发电

主要工作包括：1) 低热值 CCGT 系统优化。优化 CCGT 系统与部件的运行参数；掌握各工况下系统的性能与参数随外界负荷和环境条件变化而变化的规律，提高 CCGT 的变工况性能。2) 低热值燃气轮机国产化。燃用低热值高炉煤气的燃烧室设计，满足燃料热值超低化及

非稳定性的要求；重新匹配燃气轮机的压气机、燃烧室和涡轮，满足燃气流量波动的需要；开发并推广先进的叶片材料与涂层技术。3) 高性能煤气压缩机示范与产业化。示范与推广高效、宽工况的多级组合式煤气压缩机，适应高炉煤气流量和压力的变化；开发并推广自主知识产权的密封系统。

投资需求：总投资 160 亿元

节能能力：290 万吨标准煤

## 2、能源加工转化输送与储存节能类

### (1) 现状与潜力

能源的加工与转化是将能源经过一定的工艺流程生产出新的能源产品，如发电、电站供热、煤炭的洗选、炼焦、煤炭气化、煤炭液化、石油炼制等。能源加工与转化是能源系统流程中重要的中间环节，2008 年我国能源中间环节效率为 71.4%，低于世界先进水平，节能空间大。

火力发电是我国能源转化的重要组成部分，2009 年，我国火电装机容量 6.51 亿 kW，发电量为 2.983 万亿 kWh，消耗 9.55 亿吨标准煤。由于我国电力行业中效率低、污染严重的小火电占有很大比例，而且热电联产机组比例偏小等原因，造成我国火电供电煤耗远高于国际先进水平。2009 年，我国火电供电煤耗为 340gce/kWh，而国际先进水平达到 310gce/kWh。如果通过技术改进我国火电每度电节省 1 克标准煤，按 2009 年发电量不变计算，则每年可节约 298.3 万吨标准煤，可知我国火电节能潜力巨大。目前，我国火电主要依靠“上大

压小”、热电联产、冷热电联产、亚临界机组节能改造等措施实现节能。

我国能源和用能负荷分布极不均衡，煤炭资源 76%左右分布在华北、西北地区，陆上天然气资源 80%以上分布在中西北，而用电负荷 70%左右集中在经济发展较快的东部和沿海经济发达地区。这就决定了要建设全国能源传输通道，实现“西气东输”、“北气南下”、“海气登陆”“西电东送”、“南北互供”、“全国联网”的大格局。我国煤炭运输主要采用铁路运输和公路运输，运输量大。2009 年，我国煤炭运输总量近 28 亿吨，以每吨煤运输能耗 3.9 千克标煤计算，则煤炭运输总能耗为 1092 万吨。煤炭运输节能主要依靠运输工具节能。

我国天然气的运输有管道运输和液化后运输两条渠道。随着对天然气需求量的不断增长和大批边远气田的开发，输气管网系统变得庞大且复杂化。液化天然气（LNG）体积为气态天然气的 1/600，体积能量密度为汽油的 72%，十分有利于运输和储存，特别针对小型边际油田常规和非常规天然气和跨地区远洋储运。天然气液化是 LNG 运输和储存的关键环节，能量消耗较大，具有显著节能潜力。

我国电力系统负荷的峰谷电差不断增大，降低了发电设备使用率和效率。2008 年全国发电设备平均利用小时数为 4677，其中火电为 4911 小时，远低于设计小时数。储能可实现削峰填谷，提高电力系统效率，同时储能也是可再生能源大规模利用的关键技术。目前，我国电力输送主要采用新技术对已有电网进行完善和技术升级，利用先进的新型输电和智能化技术，提高能源利用效率和电网安全稳定水

平，其中储能被认为是最关键的技术。

## （2）拟推荐的新技术

### ◆空冷机组高效节能技术

主要工作包括：1）空冷机组系统优化。通过机组系统优化设计和总能系统技术应用，使汽轮机、锅炉、机组辅机、空冷岛、凝汽器、抽真空系统、水处理系统等各部件的参数得以优化配置，适应于机组高效运行的需求。2）空冷汽轮机通流部分优化。开展空冷汽轮机通流部分特别是末级长叶片和低压缸子午通道设计与优化；开展空冷机组变工况特性研究与技术升级，使汽轮机在变工况时保持较高的通流效率。3）空冷岛节能技术应用。进行高效空冷岛设计，提高换热设备效率，最大限度降低机组的背压；通过提高换热系统效率、降低空冷单元内流动阻力和空冷风机能耗、减少凝汽系统漏气等技术应用，提高系统效率；通过优化空冷岛换热设备，解决夏天怕热冬天怕冷问题，提高机组负荷水平。

投资需求：总投资 70 亿元

节能能力：240 万吨标准煤

### ◆分布式冷热电联产技术

主要工作包括：建设分布式能源关键设备，系统集成与优化以及工程应用完整的研发体系；结合我国不同区域气候特点，以及高能耗行业的用能需求，选定条件良好的楼宇、生活小区、城区、工业区或大型建筑，采用先进的分布式冷热电联产系统进行工程示范，使诸多新技术应用到实际的工程实践中。

投资需求：总投资 200 亿元

节能能力：380 万吨标准煤

#### ◆基于吸收式换热的新型热电联产集中供热技术

主要工作包括：分阶段完成生产加工基地的硬件设施建设，形成400-600MW/年的技术所需“吸收式换热机组”、“电厂余热回收专用热泵机组”两大关键设备生产能力。完成基于吸收式循环的热电联产集中供热新技术中两类关键设备（吸收式换热机组、吸收式热泵机组）的标准产品系列化研究开发工作；制定并完善关键设备系列化产品技术标准、安全标准以及试验标准；制定并完善关键设备生产加工过程中的生产工艺标准和原材料、配套设备及整机质量检验标准。

投资需求：总投资 200 亿元

节能能力：420 万吨标准煤

### 3、生产工艺节能类

#### (1) 现状与潜力

工业是我国国民经济的基础，而工业生产过程也是一个能源的消耗过程。我国高耗能工业能源消费量占工业能源消费量的比例（近80%）很大，导致了单位工业产值能耗高于其他产业单位能耗。根据2009年的统计数据，几种高耗能产品能耗的国际比较（中国：国际先进水平）为：钢可比能耗 697 kgce/t：610 kgce/t；水泥综合能耗 139.0 kgce/t：118 kgce/t；电解铝交流电耗 14171 kWh/t：14100 kWh/t；隔膜法烧碱综合能耗 1293 kgce/t：1250 kgce/t；离子膜法烧碱综合能耗 916 kgce/t：910 kgce/t；乙烯综合能耗 986 kgce/t：629kgce/t。究其原因，主要因为我国技术落后，设备陈旧，如钢铁工业小焦炉、小高炉、小转炉、小电炉、落后轧机仍占有相当大的比

例，不符合产业政策的落后炼铁能力约 1 亿吨，落后炼钢能力约 0.6 亿吨，全行业落后产能占总产能的 20%左右；我国水泥行业近 50%还采用立窑和湿法等落后工艺；我国燃煤工业锅炉效率低，污染重，节能潜力巨大；我国工业锅炉 50 多万台，约 180 万吨蒸/小时，平均运行效率约 60% - 65%，比国外先进水平低 15 - 20 个百分点。工业生产过程的节能可以从两个方面来进行，一是对整个工业生产系统或工艺流程进行优化，保证其在良好的工况下运行，从而减少能源浪费；二是对某一生产过程的具体环节进行能流分析和改进，提高生产效率，降低单位产品的能耗水平。

## （2）拟推荐的新技术

### ◆ 铝电解槽新型阴极结构及烘焙启动与控制技术

主要工作包括：完善新型阴极结构电解槽铝电解熔盐电化学、电解槽阴极铝液内电磁流体力学水模型等基础研究的实验室建设，建立完整的、可设计、可转让和可推广的，具有我国自主知识产权的新型阴极结构高效节能铝电解的全新的现代化技术与装备。

投资需求：总投资 145 亿元

节能能力：210 万吨标准煤

### ◆ 氧阴极低槽电压离子膜法电解技术

主要工作包括：对于现有的氯碱装置进行诊断分析，将原有传统电解槽替换为氧阴极离子膜电解槽，同时建设氧气制备系统，改造现场工艺管线，增加原有系统中所没有的各个控制单元，达到氧阴极技术的要求。根据不同型号的离子膜电解槽，按照不同方式将原有电解槽替换为氧阴极电解槽，在对部分工艺管线进行改造，以适应氧阴极

技术。

投资需求：总投资 60 亿元

节能能力：40 万吨标准煤

#### 4、用能设备节能

##### (1) 现状与潜力

能源的终端利用是整个能源系统中覆盖面最广、用能量最大、最复杂的环节，包括农业、工业（不包括煤炭洗选业、石油加工和炼焦业、电力和热力生产、供应业）、交通运输、民用、商业及其他等用能领域。2007 年我国终端用能总量为 17.73 亿吨标准煤，其中，农业、工业、交通、民用和商业分别占 3.0%、63.9%、14.3%和 18.8%。我国能源终端利用效率只有 50.6%，是导致能源系统总效率（12.6%）低于国际先进水平近 10 个百分点的主要原因。工业节能、交通节能、民用和商业节能是我国十二五终端用能环节的节能重点。

电机、泵、风机、压缩机等通用设备用电量巨大，2009 年用电量为 22635 亿 kWh，占全社会终端用电量的 71.2%，是节能大户。电机广泛应用于拖动风机、压缩机等设备，是量大面广的终端耗电大户，我国电机系统容量约 7 亿千瓦，每年新增容量约 1.5 亿千瓦，电动机系统耗电量约占全国用电量的 60%，但高效节能电机仅占市场份额的约 3%，大部分电动机运行效率与国外先进水平相比低 10~30%，有很大节能潜力。通过技术改进电机系统的综合节电率可达 30%，优化电机系统的运行和控制，实现系统经济运行。泵、风机、压缩机等是量大面广的通用机械设备，70%是变负荷运行，其中 80%的设备可调速运行，另外约 20%可启停控制。在实际运行中由于不满足生产工

艺流程的需要和设计规范造型的要求等，导致电能的严重浪费，如目前重点煤矿使用的主通风机超过 15000 台，平均运行效率不到 60%；非重点煤矿共有主通风机超过 15000 台，平均运行效率不到 50%；矿用局部通风机超过 30 万台，平均运行效率只有 55%左右。同西方发达国家约 80~85%的平均运行效率相比，节能潜力巨大。

民用、商业及其他是我国用电大户，2009 年，用电量为 8849 亿 kWh，占全社会终端用电量的 27.8%。我国居民生活能源消耗主要集中在家用电器、照明系统等终端用能设备上，商业能源消费主要集中在公用设施、宾馆、商厦、写字楼、体育场馆等商业设施内的供热、办公、照明、烹饪和制冷能耗。当前我国居民生活用电单位面积平均水平为 10-30kWh/(a·m<sup>2</sup>)，虽与发达国家 60-100 kWh/(a·m<sup>2</sup>)的水平存在一定差距，但随着社会经济的不断发展，商业和民用领域能源消费量将不断快速增加。2009 年，我国家用电器总用电量为 4848 亿 kWh，占全社会终端总用电量 15.3%，其中房间空调器用电量达到 2095 亿 kWh，电冰箱用电量为 989 亿 kWh，彩色电视机用电量为 569 亿 kWh，当前，各种家用电器的能耗已成为居民生活用电的主力，办公设备的能耗也日益增加。2009 年，我国照明用电量约为 4300 亿 kWh，占全社会终端总用电量的 13.5%；中央空调用电量为 1910 亿 kWh，约占全社会总用电量的 6%。目前，国家针对空调器、电冰箱、照明产品等出台了许多能效标准和标识政策，其能效水平正在逐步提高，同时也实施了绿色照明工程，但仍有进一步的潜力可挖掘。

## (2) 拟推荐的新技术

### ◆ 新型高效煤粉锅炉系统技术

主要工作包括：示范清洁煤粉的制备、运输及配送技术、锅炉岛



煤粉高效燃烧技术等高效煤粉工业锅炉关键技术；建设高效煤粉工业锅炉装备生产基地；全面推广高效煤粉工业锅炉技术。

投资需求：总投资 350 亿元

节能能力：800 万吨标准煤

#### ◆塑料注射成型伺服驱动与控制技术

主要工作包括：升级该着伺服驱动电机与伺服驱动器，完成伺服式注塑机整机产品示范，形成大规模产业化生产线；在注塑机行业建立伺服驱动电机与伺服驱动器产业基地。

投资需求：总投资 168 亿元

节能能力：330 万吨标准煤

#### ◆循环水系统节能技术

主要工作包括：通过科学的测定，确定循环水系统的最佳工作点，采用系统的方法，优化水泵的配置；以及以水轮机代替冷却塔中风机电动机。结合冷却塔水轮机工作环境特点，进行了超低比速混流式水轮机全流道三维非定常数数值模拟，重点对超低比速水轮机的导水机构、转轮设计与优化。

投资需求：总投资 72 亿元

节能能力：240 万吨标准煤

#### ◆稀土永磁无铁芯电机节能技术

主要工作包括：1) 完善产品型号系列，加快适用于风机、水泵、压缩机等量大面广的工业通用设备，以及电动汽车、风力发电机等中大功率电机，适用于智能机器人、数控机床等高科技设备的伺服电机

的产业化步伐，形成产业规模。2) 稀土永磁无铁心电动机技术与应用技术研究，建立产品技术标准、测试标准和测试规范，形成产品选型、性能评估、质量检测等一系列标准，以利于技术推广应用。3) 在通用设备制造行业、汽车行业建立 3-5 个稀土永磁电动机产业基地。

投资需求：总投资 150 亿元

节能能力：300 万吨标准煤

#### ◆对旋风机节能技术

主要工作包括：1) 采用先进的对旋风机设计体系提高运行效率，实现参数化定制设计。以全三维粘性设计方法和多目标优化平台为支撑，使用前后排转子不等功率设计/前后排转子叶片匹配优化设计/高效宽工况叶型优化设计/可调轮毂设计，明显提高对旋风机整机设计点效率，普遍提高全工况运行效率；2) 引入变角度和不等转速协调设计的创新性方法，进一步提高运行效率。使用不同角度与不同转速匹配的数据库进行精确调节，实现整机最优动作，使全工况运行效率进一步提高。3) 优化对旋风机及其通风系统的设计和运行控制，杜绝大马拉小车。推广低成本/高精度/自动化/网络化的现场性能测试仪器，实时监控对旋风机的运行参数，汇总量化高效对旋风机的运行节能效果，通过过程控制合理配置能量，实现系统的经济运行。

投资需求：总投资 22 亿元

节能能力：70 万吨标准煤

#### ◆重型卡车废气余热利用装置

主要工作包括：研制车用紧凑轻量化系列高效膨胀机，烟气蒸发

器、冷凝器等关键核心设备，进行内燃机余热热功转换系统的集成，测试与优化，优化有机朗肯动力系统与车用发动机的耦合匹配技术，研制节能重型卡车，进行示范。建立节能重型卡车及动力系统生产基地，实现大规模产业化并进行推广。

投资需求：总投资 200 亿元

节能能力：154 万吨标准煤

#### ◆ 半导体照明

主要工作包括：1) 核心技术装备和关键材料国产化，推动半导体照明产业链完善。支持 MOCVD 装备、新型衬底、高纯 MO 源（金属有机源）、氮化镓材料、OLED 材料与器件研发；攻克半导体照明产业化共性关键技术，包括大功率芯片和器件、驱动电路及标准化模组、系统集成与应用等技术、高效散热技术等。形成 2~3 个国家半导体工程技术中心，建立 3~5 个上游芯片产业化基地。

2) 照明产品系列化。开发和推广替代白炽灯、卤钨灯的半导体照明定型产品；开发和推广停车场、隧道、道路等性能要求高、照明时间长的功能性半导体照明定型产品；发展中大尺寸液晶显示背光源、汽车照明等增长潜力大的半导体照明产品；发展医疗、农业等特殊用途的半导体照明产品，形成半导体照明骨干龙头企业 10 家左右。

3) 组织实施一批道路、工矿企业、桥梁隧道、公共设施、商厦和家庭等功能性照明半导体照明试点示范工程；研究建立半导体照明标准体系，逐步出台产品的检测标准、安全标准、性能标准和能效标准，积极参与国际标准制定。加强半导体照明产品相关基础标准、产品标准和测试方法标准的研究，加大检测设备投入，提高国家级检测机构对半导体照明产品的检验和测试能力。

投资需求：总投资 150 亿元

节能能力：1300 万吨标准煤

#### ◆ 高效低碳燃气灶具

主要工作包括：高效低碳燃烧器的设计优化，包括燃烧器在节能、快速加热以及尾气低污染等方面；高效低碳燃气灶生产线的建设和示范；高效低碳燃气炉的应用和推广。

投资需求：总投资 300 亿元

年节能潜力：875 万吨标准煤

## 5、节能技术服务和信息化

### (1) 现状与潜力

我国用能单位能源使用存在主要问题是：用能系统在能源传输、分配与使用各环节存在大量无效能耗问题，但缺乏能够提供及时准确能耗信息以便发现和解决问题的信息化手段；目前各行业用能指标数据较为陈旧、笼统，缺乏客观与及时的细节能耗数据作为工作标准支撑；用户配置的能效优化技术装备缺乏有效的整体运营管理没有充分发挥既定效益，或者因为缺少配套信息化管理功能闲置；用户用能系统配置不合理，“空转、窝工、白费蜡”的现象严重，工艺配套设备隐性窝工现象普遍；用能单位能源管理数据缺乏必要的准确性、及时性和细节，普遍限于总量统计数据，而能耗管控需要财务般“及时、准确、细节”的管理手段。

目前，我国整体能源管控系统技术已经在部分典型用能单位得到应用并得到切实的节能效果；但迄今为止，在主要用能单位的使用推

广还未普及，主要原因在于整体能耗管控系统技术软硬件初期投入大、成本高，用能单位在没有强大推动力和多余资金的情况下，对此持谨慎态度。

## (2) 拟推荐的新技术

### ◆能效管控系统技术

机械制造企业：选择配电容量 20MVA、年能耗 5000 万 KWh 以上的机械制造企业实施，作为数量巨大的制造行业能耗管控系统典型应用示范案例；

冶金企业：选择配电容量 100MVA 以上、年能耗 2 亿 KWh 以上的冶金企业实施，作为能耗占比最大的高能耗行业能耗管控系统典型应用示范案例；

石油开采：选择配电容量 30MVA、年能耗 5000 万 KWh 以上的油田企业实施，作为能源生产行业的能耗管控系统典型应用示范案例；

大型公共建筑：选择配电容量 20MVA、年能耗 5000 万 KWh 以上的公共交通设施实施，作为数量巨大的大型公共建筑设施实施能耗管控系统典型应用的示范案例。

投资需求：总投资 25 亿元

节能能力：100 万吨标准煤

## 6、其他节能

### ◆节能镀膜玻璃技术

投资需求：总投资 26 亿元

年节能潜力：95 万吨标准煤

#### 四、配套政策与措施

重大节能技术产业化示范工程是一项系统工程，需要有关部门统一领导、协调配合、共同推动，从组织保障、政策激励、市场机制等各个方面采取有效措施，充分发挥政府的引导、规范、扶持作用，调动企业作为实施主体的积极性，以及结合科研机构的技术支持作用，共同推进重大节能新技术的示范和产业化推广，提高全社会能源资源的利用效率。

## （一）加强组织领导

坚持统一领导，部门协调。重大节能技术产业化示范工程涉及多个部门，工作量大，必须要加强组织领导，做好部门协调。根据《节约能源法》要求，由国家发展改革委会同财政部、工信部、交通部、建设部、科技部等有关部门实施，建立部门间信息共享和协调联动机制。

建立健全组织架构。建立“十二五”重大节能技术产业化示范工程办公室，设在国家发展改革委，或由发展改革委委托其他单位承担，负责统筹规划全国范围内的重大节能技术示范项目和制订全局性的产业化推进方案；各地节能主管部门会同有关部门负责本地区重点节能技术示范项目的具体落实，并在全局性的产业化推进方案的指导下，制订地区性的产业化推进方案。

## （二）加大政策支持力度

加大政府资金支持力度。建立“国家重大节能技术产业化示范工程专项资金”，制订《重大节能技术产业化示范工程专项资金管理办法》，用于重大节能技术的示范投资补助、推广补贴和监督检查、标准认定、信息管理、宣传培训等示范和推广工作经费。地方政府设立相应的专项资金，进行配套支持。

给予政策倾斜。对重大节能技术的示范和产业化项目实行优先审批制度，建立“重大节能技术推广”绿色通道，在计划立项、规划审批、环评环保、土地供应等方面给予优先审批。

### （三）开展节能技术认定和遴选工作

完善节能技术收集渠道，搭建节能技术信息网。借鉴国外技术认定和产品认证模式，建立节能技术认定制度，开展节能技术认证工作。开展重大节能技术的评价、遴选工作，发布《重大节能技术目录》。

### （四）完善节能技术激励机制

加大财政支持力度。对重大节能技术的示范工程、生产基地和工程中心建设给予投资补助；对重大节能技术的推广应用根据节能量或成本按照一定额度给予财政补贴。

鼓励税收优惠政策。建议对购买采用重大节能技术的产品设备采取加速折旧的税收优惠政策；将重大节能技术设备纳入《节能节水专用设备企业所得税优惠目录》，对技术专用设备进行投资抵免；对符合条件的重大节能技术及其关键设备的进出口实行关税优惠政策；通过减免企业所得税鼓励企业转让节能技术。

完善节能融资机制。鼓励各类金融机构设立专门的节能贷款业务，为符合条件的重大节能技术的推广项目提供优惠贷款；建议对投资大、回收期长的节能项目，适当延长还款期限；对订购和使用首台（套）国产重大技术装备的项目，给予贴息贷款等优惠政策。

深化能源价格改革。根据《节能能源法》，推动实行有利于节能的价格政策，实行峰谷分时电价、季节性电价、可中断负荷电价制度，鼓励电力用户合理调整用电负荷；对钢铁、有色金属、建材、化工和其他主要耗能行业的企业，分淘汰、限制、允许和鼓励类实行差别电



价政策。

实行表彰与奖励措施。对符合重大节能技术示范项目评价标准的企业给予示范单位授牌，并对在示范项目实施和产业化推进中有显著成绩的企业、单位及个人予以表彰和奖励。

### **（五）加强项目管理与监督**

坚持全过程管理与多方位监督。在《节约能源法》的框架下，根据《工程指导意见》对项目的申报、实施和竣工进行全过程管理，并对项目的实施进度、资金投入、实施效果等进行多方位监督。根据项目建设要求，对申报企业上报的材料进行严格审核，并组织有关论证；对重大节能技术的申报企业建立资料库并进行动态管理；对项目实施的条件进行严格规范；在项目实施过程中，加强进度核查；认真组织项目验收和后评估工作。

严格节能执法检查制度。充分发挥建设、工商、质检等部门及各地节能监测（监察）机构的作用，从各环节加大监督执法力度。对投资补助和财政补贴资金的使用进行监督核查，对违规使用资金的单位和个人追究相应责任。对项目实施后的节能量进行测算核查，对未能达到承诺节能量的单位和个人追究相应责任。

### **（六）完善节能技术标准体系**

建立健全标准体系。组织制订各项重大节能技术的具体标准，确定节能技术的节能和环境指标要求；制订技术应用指南，确定技术指

标要求；组织修订相关技术领域的能效标准，建设和完善国家能效实验室；组织制订节能技术的认定准则；组织制订技术的验证规范；提高重大节能技术适用行业市场准入门槛。

### **（七）健全节能技术服务体系**

健全节能技术服务体系。鼓励推行合同能源管理，为企业提供诊断、设计、融资、改造、运行、管理一条龙服务；鼓励建立节能投资担保及设备租赁等节能新机制；充分发挥节能中介服务机构及行业协会的桥梁纽带作用，为企业提供节能政策、信息、管理、培训和专业技术支持。

### **（八）加强节能技术市场化机制建设**

搭建节能技术交易平台，在全国 3-5 个试点城市成立节能技术交易中心，通过技术转让、入股等形式，加强节能技术的推广力度。鼓励社会成立专业化节能技术推广基金、担保基金，为节能技术市场化推广提供资金保障。

### **（九）开展培训、交流和宣传工作**

培养专业人才。针对重大节能技术的研发、应用和管理，鼓励高校、科研院所与企业联合，通过开设培训班或者建立培训机构等形式进行人员培训；完善企业员工培训制度，加强对在职员工的节能技术和管理培训。

促进经验交流。在行业内及行业间通过节能技术交流会、节能技

术杂志等形式进行重大节能技术应用和管理的经验的交流。

加大节能技术宣传力度。通过组织节能产品展示、节能成功案例推广、节能宣传周等多渠道宣传重大节能新技术。

## （十）加强国际交流与合作

建立国外节能技术吸收引进平台，广泛开展节能国际科技合作，与有关国际组织和国家建立节能合作机制，积极引进国外先进的重大节能技术和管理经验，不断拓宽节能国际合作的领域和范围。

## 五、投资和效益

据测算，“十二五”期间，实施节能减排技术产业化示范工程需要全社会总投资约 602 亿元。通过实施节能减排技术产业化示范工程，可有效推动一批重大关键节能技术的示范和推广应用，不仅能够实现 1500 万吨标煤以上的节能能力，还可带动技术研究、产品研发、装备制造等相关产业的发展，为确保“十二五”节能目标的实现奠定坚实的基础。

重大节能技术产业化示范工程预算						
	1	2	3	4	5	6
	主要工作	可实施数量（总潜力）	“十二五”实施数量	总节能能力（万 tce）	单位投资额（万元）	投资总额（亿元）
1	低浓度瓦斯、乏风瓦斯发电技术	未来十年低浓度瓦斯和乏风瓦斯约 130~175 亿 m <sup>3</sup>	低浓度/乏风瓦斯年利用 40 亿 m <sup>3</sup>	45.5		15
2	煤矿低温热能回收技术	煤矿可以利用低温热能约为 2000 万 kW, 相当于 4171 万吨标准煤/年	推广比例 5%	210		100
3	低品位余热发电	2.4 亿吨标煤	2000MW	420	0.7 万元/千瓦	300
4	火电厂烟气综合优化系统余热深度回收技术	目前火电装机火电装机容量为 7 亿 kW, 而 30 万千瓦以上机组占 72%左右, 约 5 亿千瓦	推广比例 50%	300	300MW 投资: 640 万元	75
5	机械式蒸汽再压缩技术	2015 年发酵行业年产 2500 万吨, 汽耗约 2 亿 t, 其中浓缩工段用汽约 8000 万 t	推广比例 20%	145	50t/h 投资: 2000 万元	34
6	低热值高炉煤气-蒸汽联合循环发电	50 套, 节能总潜力 1980 万吨标煤	推广比例 30%	290	单台 50MW 级投资约 2.75 亿元, 单台 150MW 级投资约 8.25 亿元	160
7	空冷机组高效节能技术	300MW 级亚临界机组、600MW 级亚/超临界机组和 1000MW 级超超临界机组, 总装机容量已超过 5000 万千瓦	推广比例 20%	240	单台 300MW、600MW 和 1000MW 空冷机组节能提效示范工程需要投入资金分别为 1.5、2.5 和 3.5 亿元	70
8	空冷机组高效节能技术	300MW 级亚临界机组、600MW 级亚/超临界机组和 1000MW 级超超临界机组, 总装机容量已超过 5000 万千瓦	推广比例 20%	240	单台 300MW、600MW 和 1000MW 空冷机组节能提效示范工程需要投入资金分别为 1.5、2.5 和 3.5 亿元	70

9	基于吸收式换热的新型热电联产集中供热技术	50 亿平米	5 亿平米	300	40 元/平米	200
10	铝电解槽新型阴极结构及烘焙启动与控制技术	1000 万吨/年电解铝产能	推广比例 50%	210	2900 元/t-A1	145
11	氧阴极低槽电压离子膜法电解技术	3400 万吨烧碱产能	200 万吨烧碱产能	40		60
12	新型高效煤粉锅炉系统技术	48 万台, 总容量 150 万 MW	推广比例 10%	800	10t/h 投资额: 250-350 万元	350
13	塑料注射成型伺服驱动与控制技术	保有量 80 多万台, 年新增 10 万台	28 万台, 推广 30%	330	6 万元/台	168
14	循环水系统节能技术	可进行水轮机改造的总容量约为 24157 万 t	推广 10%, 6000 余套	240	2×4000t/h 通风塔改造费用: 240 万元	72
15	稀土永磁无铁芯电机节能技术	年新增约 1.5 亿千瓦	推广 1000 万 kW (2011 年 177 万千瓦), 占年新增容量的 1.5%	300	1500 元/kW	150
16	对旋风机节能技术	重点煤矿主通风机 15000 台; 非重点煤矿共有主通风机超过 15000 台; 矿用局部通风机超过 30 万台	推广 400 台主通风机和 1 万台局部通风机	70	主通风机 200 万元每台, 局部通风机 5 万元每台	22
17	重型卡车废气余热利用装置	2009 年 89 万辆, 2010 年上半年 73 万辆, 总量 500 万辆以上	20 万台节能重型卡车发动机废气余热利用装置	154	10 万元/套	200
18	半导体照明		功能照明市场 20%, 推广 2 亿只	1300	平均 4 元/W	150
19	高效低碳燃气灶具	3 亿台	城镇推广比例 40%、农村 20%, 约 1 亿台	875	比普通燃气灶价格高 300 元/台	300

20	能耗管控系统技术		大型机械制造领域推广比例达到30%，冶金企业推广比例达到40%，石油开采企业推广比例达到40%，大型公共建筑领域推广达到50%	100	6000万元至1亿元	25
21	节能镀膜玻璃技术	3.3亿 m <sup>2</sup>	推广比例10%，3300万 m <sup>2</sup>	95	80元/m <sup>2</sup>	26
合计				6704.5		2692

## 附件

## “十二五”产业化示范推荐节能技术简介

## 一、低浓度瓦斯、乏风瓦斯发电技术

## (一) 适用范围：矿井抽放瓦斯用于发电

## (二) 技术内容：

## 1. 技术现状

我国陆上瓦斯资源量约 36.8 万亿  $m^3$  (居世界第三位), 与陆上天然气资源量 (38 万亿  $m^3$ ) 相当。瓦斯的主要成分为甲烷, 当空气中甲烷浓度达 5% ~ 6% 时, 遇明火就会引起爆炸, 导致人员伤亡和财产损失。煤矿瓦斯按所含甲烷浓度分为四大类: 一类是地面抽采煤层气, 甲烷浓度大于 80%, 主要用于民用、汽车燃料、发电等; 二类是煤炭开采过程抽排出, 甲烷浓度在 25% ~ 80% 之间的瓦斯, 称为高浓度煤矿瓦斯, 主要用于民用、化工、发电、燃烧等; 三类是煤炭开采过程抽排出, 甲烷浓度低于 25% 的, 称为低浓度瓦斯, 目前小部分用于发电, 大部分直接排空; 四类是煤矿通风系统中排出的甲烷浓度低于 1% 的, 称为“乏风瓦斯”, 通常直接放散。

在国家政策引导下, 我国煤层气利用量处于增长趋势。2009 年煤层气利用量达 25.1 亿  $m^3$ , 比 2000 年增长约 3.7 倍。许多矿井建立了煤层气发电站, 其中 2009 年 7 月, 山西晋城煤业集团寺河矿 120MW 煤层气发电厂正式投运, 成为世界上装机容量最大的发电厂, 年发电量 8.4 亿 kWh, 年耗气量折合纯煤层气达 1.84 亿  $m^3$ 。但总的说来, 我国煤层气的利用主要针对高浓度瓦斯, 低浓度瓦斯与乏风瓦斯的利用很有限。

目前我国在低浓度瓦斯、乏风瓦斯发电方面已取得突破。低浓度瓦斯输送系统是低浓度瓦斯发电的重要工艺环节, 目前比较成熟的低浓度瓦斯输送技术有两种, 一种是由胜动集团研发的“细水雾低浓度瓦斯输送系统”, 另一种是由设在淮南矿业集团的煤矿瓦斯治理国家工程研究中心研发的“气水二相流低浓度瓦斯输送系统”。其中, 山东胜动集团是第一家成功研制低浓度瓦斯发电机组的公司, 该公司研发的“煤矿瓦斯细水雾输送系统及瓦斯发电机组”解决了低浓度瓦斯长距离地面安全输送问题, 可将浓度高于 6% 的低浓度瓦斯转换成电能。

在减小瓦斯浓度高频变化对燃烧稳定性影响的技术方面, 国内的研究较少, 国外的

技术也处于发展初期，整体技术不够成熟。目前主要的技术方法有超焓燃烧（在不增加外热源的条件下，使燃气的反应速度加快，同时拓宽文档内定燃烧范围，对低热值与低浓度燃气，尤其是低浓度瓦斯、乏风瓦斯作为发电机组燃料的情况有较好的效果）、内混燃烧（通过增加反应介质与换热介质的前处理工艺，使瓦斯在较低浓度条件下能够稳定燃烧）、TFRR（热流变换反应器）技术（通过改变内部换热介质使燃烧温度控制在适应瓦斯浓度高频变化的范围内，进而增加燃烧的稳定性）、CFRR（流动催化反应器）技术（较好的适用于瓦斯浓度极低的情况）、CMR（状段体催化反应器）技术（通过增加蜂窝状段体反应器使低浓度燃气的混合气体具有较好的燃烧效果）等。

## 2. 技术原理

为解决瓦斯浓度容易变化对燃烧稳定性产生的不利影响，利用电控燃气混合器技术对空燃比进行自动控制，以减小瓦斯浓度变化对燃烧稳定性的影响。同时低浓度瓦斯安全输送技术采用细水雾技术，解决低浓度瓦斯的地面安全输送问题。

(1)多级阻火技术主要针对低浓度瓦斯输送管道遇明火或爆炸与回火现象的防治。当火焰通过金属板狭窄通道时，由于火焰表面的化学反应放热与散热条件不匹配，使火焰熄灭。火焰以一定速度进入金属板狭缝时，火焰靠近狭缝冷壁处，作为化学反应活化中心的自由基和自由原子与冷壁相碰撞放出能量，这相当于反应区的热量流向冷壁边界，从而当火焰面达到一定距离时，开始形成熄火层，随着火焰面的运动，熄火层厚度不断增大，以至自由基进入熄火层内就复合成分子并放出能量，自由基越来越少直到没有，火焰熄灭。

(2)雾滴直径小于 $400\mu\text{m}$ 且体积和占总水雾雾滴体积的50%以上的水雾，称为细水雾。煤矿低浓度瓦斯在管道内与细水雾全程连续混合输送，防止煤矿低浓度瓦斯输送管道产生火源和抑制火焰传播。细水雾颗粒直径越小，相对表面积越大，受热后更容易汽化。在汽化过程中，从燃烧区吸收大量的热量，使燃烧区温度迅速降低，当温度降至燃烧临界值以下时，热分解中断，燃烧随即终止。火焰进入细水雾后，细水雾迅速蒸发形成蒸汽，由液相变为气相，气体急剧膨胀，比表面积膨胀约1760倍，最大限度地使燃烧反应分子在空间上距离拉大，抑制火焰传播。

(3)减小瓦斯浓度高频变化对燃烧稳定性影响主要采用低浓度瓦斯的脉动燃烧技术，有效的降低脉动频率对低浓度瓦斯燃烧的影响，降低贫燃极限，实现瓦斯在较低浓度下稳定而充分的燃烧，同时可在相同温度下提高瓦斯燃烧效率，并改善污染物的排放。

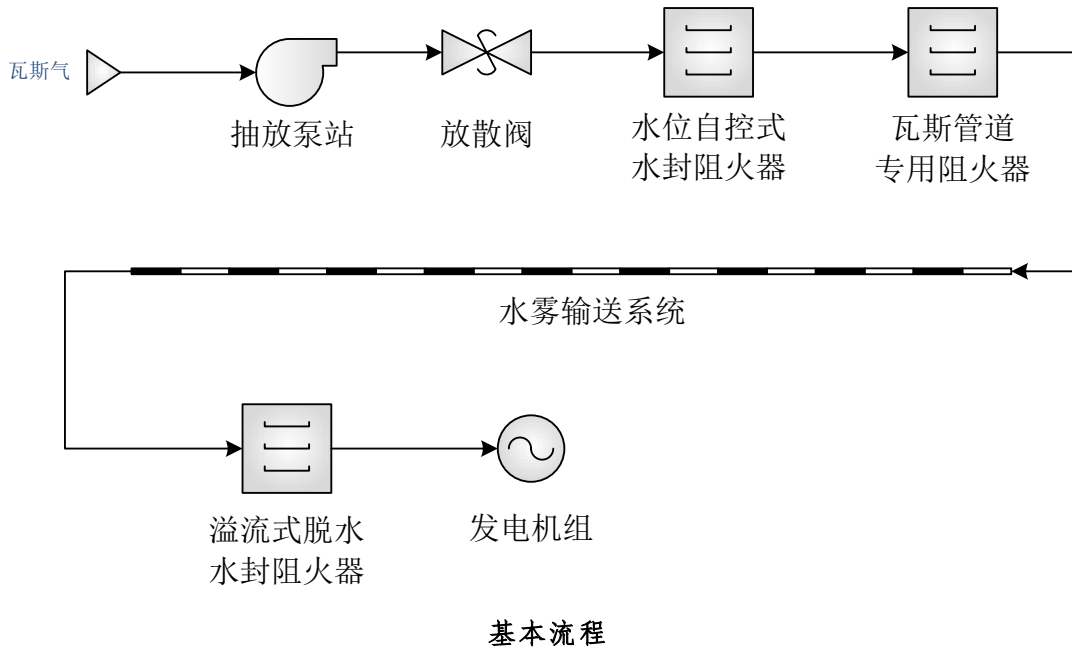


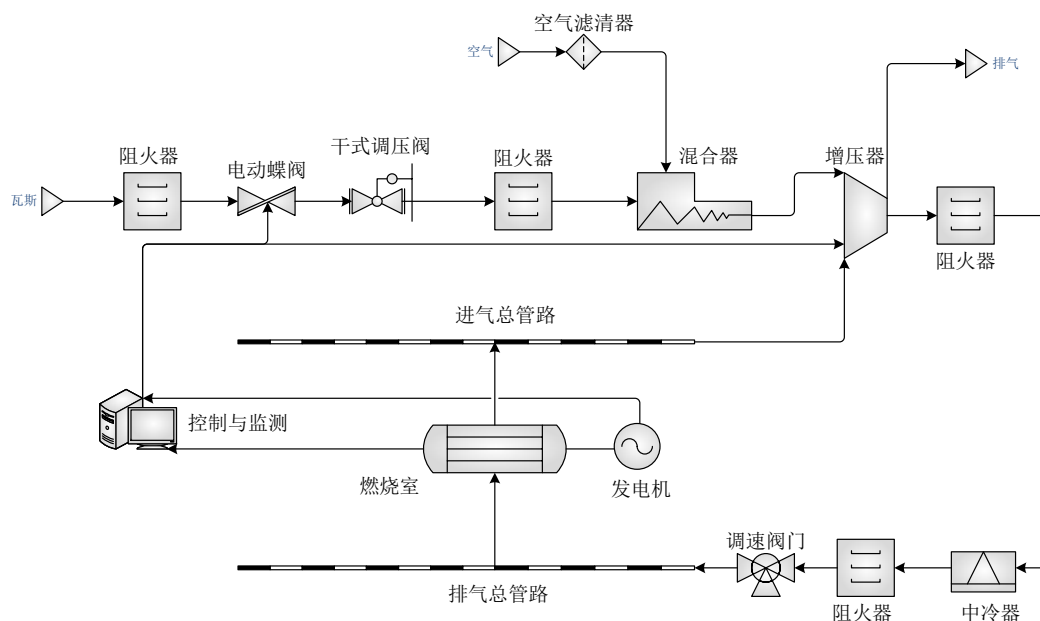
### 3. 关键技术

- (1) 低浓度瓦斯安全输送技术，主要包括多级阻火技术与水雾输送技术。
- (2) 减小瓦斯浓度高频变化对燃烧稳定性影响的技术。

### 4. 工艺流程

煤矿先抽瓦斯后采煤，通过瓦斯抽放泵站将瓦斯气抽出，经过放散阀保证管网输送压力处于安全范围内，然后经过水位自控式水封阻火器、瓦斯管道专用阻火器和水雾输送系统保证瓦斯气安全输送到发电系统，再经由脱水水封阻火器，输入到瓦斯发电设备入口，实现安全发电。即：瓦斯气→抽放泵站→放散阀→水位自控式水封阻火器→瓦斯管道专用阻火器→水雾输送系统→溢流式脱水水封阻火器→发电机组→发电。





典型低浓度瓦斯发电系统

### (三) 主要技术指标:

单台纯瓦斯发电机组折合成发电量为  $3.3\sim 3.5\text{kW}\cdot\text{h}/\text{Nm}^3$ ，低浓度/乏风瓦斯发电机组发电量约为  $0.3\text{kW}\cdot\text{h}/\text{Nm}^3$ 。

### (四) 技术应用情况:

山东胜动集团开发的低浓度瓦斯发电技术已于 2005 年 12 月通过国家安全生产监督管理总局鉴定，并在潞安煤业集团、沈阳煤业集团等多处低浓度瓦斯矿区率先运行发电。2010 年 7 月胜动集团开发的煤矿通风瓦斯氧化技术及  $6\text{万 m}^3/\text{h}$  煤矿乏风氧化装置也通过了国家能源局能源节约和科技装备司鉴定，目前乏风瓦斯氧化燃烧技术在阜新矿业集团、彬长矿业集团、潞安矿业集团等得到应用。

### (五) 典型用户及投资效益:

1. 峰峰大淑村矿 8 台 500GF1-3PW 发电机组，装机容量 4000kW，节煤 3000 吨/年，年创效益 447 万元。
2. 羊渠河矿 5 台 500GF1-3PW 发电机组装机 2500kW 节煤 2200 吨/年，年创效益 265 万元。
3. 裴沟煤矿采用胜利油田动力机械设备厂 12V 190 系列瓦斯燃气发电机组（额定功率 500kW）2 台。该机型专为低浓度瓦斯发电设计开发制造，结构紧凑，适用气源范围广，机组经济性高，不需另配压缩系统等，可将瓦斯利用范围由浓度 30%降低到 6%。

单台机组发电量 400kWh，2 台机组同时运行，日均瓦斯发电量 1.5 万 kWh 以上。

#### **（六） 推广前景：**

我国政府高度重视和支持煤层气的开发利用，新版《煤矿安全规程》对浓度在 30% 以下的瓦斯用于内燃机发电作出了明确的规定。《规程》第 148 条第五项规定：抽采的瓦斯浓度低于 30% 时，不得作为燃气直接燃烧；用于内燃机发电或作其他用途时，瓦斯的利用、输送必须按有关标准的规定，并制定安全技术措施。这给低浓度瓦斯发电提供了制度保障。

据测算，我国煤矿瓦斯排放量从 2000 年的 88 亿  $m^3$  增长到 2010 年的 190 亿  $m^3$  以上，平均以每年 13 亿  $m^3$  的速度增长，预计 2015 年煤矿瓦斯排放量将超过 250 亿  $m^3$ 。其中，低浓度瓦斯和乏风瓦斯约占瓦斯排放量总量的 70% 以上。因此，低浓度瓦斯与乏风瓦斯利用技术推广潜力巨大。

#### **（七） 投资效益测算：**

到“十二五”末，若低浓度/乏风瓦斯中的 40 亿  $m^3$  用来发电，可发电 13 亿 kWh，相当于节约 45.5 万吨标准煤（供电煤耗按全行业平均水平约 0.35kg/kWh 计算）。总投资约 15 亿元。

#### **（八） 措施建议：**

1. 投资抵免。对应用该技术的煤矿设备投资额的 10% 从企业当年的应纳税额中抵免。
2. 技术标准制定。建立关键设备的技术、安全与质量检验标准。

## 二、 煤矿低温热能回收技术

### (一) 适用范围：煤矿

### (二) 技术内容：

#### 1. 技术现状

我国是成为世界第一大煤炭生产国，2011年我国煤炭产量为38.3亿吨。矿井通风系统是煤矿安全生产的重要保障，对于井工开采的煤矿，一般采用抽出式通风方式，利用主扇通过回风井回风。矿井总回风的温度、湿度一年四季基本保持恒定，其中蕴藏大量的低温热能，目前这部分热能没有被利用，随着矿井通风排放到大气中去。通过低温余热回收技术，利用热泵吸收低温的矿井回风以及矿内低温排水的热量，消耗少量电能将低温热能转换成高温热能，满足矿区内不同季节条件下冷能、热能及生活供水与矿井防冻的能耗需求。

低温热泵技术主要有压缩式、吸收式、化学式、吸附式，以及太阳能热泵与地源热泵等，其中压缩式与吸收式热泵的应用最为广泛。压缩式热泵主要通过消耗高品位的电能，在制热工况下提升低温热源的温度，使其成为较高温度的热能；制冷工况下将低温热源作为中间换热工质制取冷量。吸收式热泵与压缩式热泵的区别主要在于将压缩式热泵的压缩环节替换为利用吸收剂的浓度差实现蒸汽升压的设备，其利用工质的化学性质减少了高品位能量的消耗。

国外有关低温热泵的技术相对成熟，而我国起步较晚。天津大学热能研究所较早开展了热泵技术研究，1965年研制成功国内第一台水冷式热泵空调机。清华大学在多工况水源热泵经过多年的研究已形成产业化的成果，现已建成数个示范工程。由于“十一五”规划提出节能20%的目标，提高了热泵技术的关注度，市场份额也有较大飞跃。2008年上半年水源热泵市场销售额约10亿元，其中小型机组6.7亿元，大型机组3.3亿元（主要占据北方市场）。

近年来，国内的水源热泵应用尚未取代传统取暖制冷方式，与国外相比，在热泵机组的优化设计和工程应用上还存在较大差距，且国外已经开始系统深入的研究新能源、可再生能源，以及CO<sub>2</sub>排放回收等资源与热泵技术相结合以提高能量利用率，同时降低噪声与污染物排放的新技术。

#### 2. 技术原理

该技术的基本原理为低温热泵技术：通过传热工质吸收矿井回风低温热能，矿井水低温热能和电厂冷却水低温热能，利用工作流体在不同压力、温度下的蒸发和冷凝进行吸、放热的过程，通过压缩机驱动，将热量从低温环境送到高温环境，达到制冷或制热的目的，满足煤矿供暖、生活热水及井筒防冻需求。

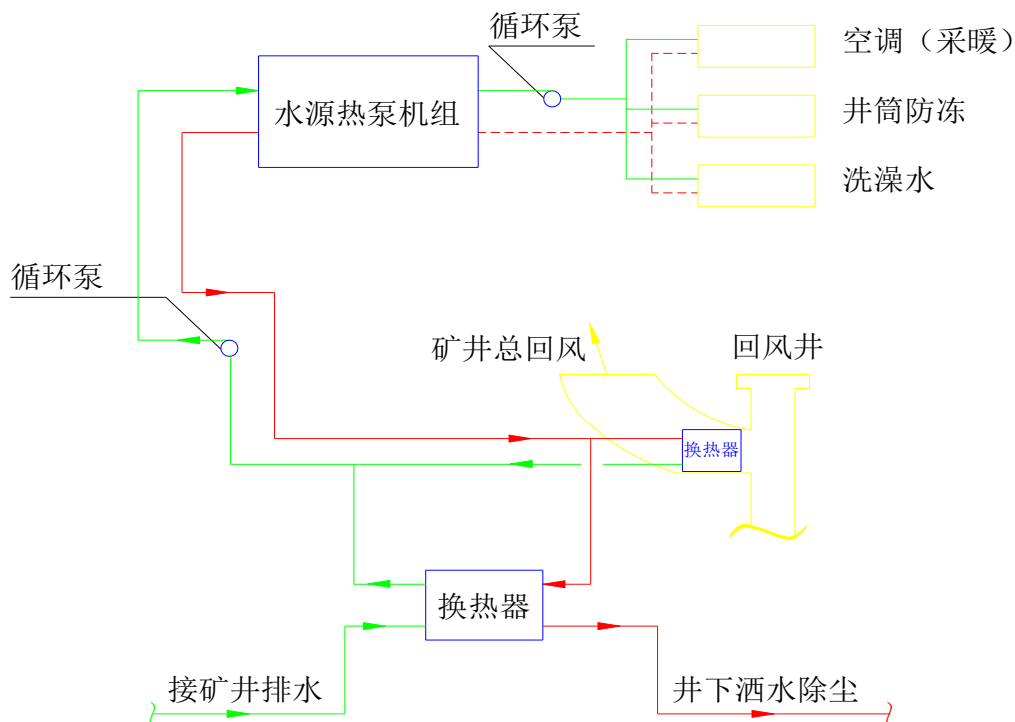
### 3. 关键技术

- (1) 适用于矿井低温热源的水源热泵机组。
- (2) 矿井高效回风换热器。
- (3) 高效低噪音的井筒防冻散热器。

### 4. 工艺流程

冬季利用回收矿井回风的热能为水源热泵机组的热源，可满足煤矿井筒保温、工业场地生产、办公住宅及公共设施取暖等。夏季利用回收矿井回风的冷能为水源热泵机组的热汇，为办公、生活及公共场所提供冷气。四季提供热水，供生活和职工洗浴之用。水源热泵机组的运行污染很低，无燃烧与排烟，也没有废弃物，不需要堆放燃料及废物的场地。同时运行成本低且可实现一机多用，既解决供暖、又解决制冷及生活热水。

煤矿低温热能回收利用系统通过回风换热器吸收回风井中矿井总回风带有的低温热能，同时通过换热器吸收矿井排水的低温热能，使得循环水温度升高，经循环水管路输送到低温热泵系统中。通过消耗一定量的高品位能，使吸收了矿区余热资源的循环水在热泵系统中转换为可供空调系统、生活水供应或矿井防冻设备直接使用的能源，经使用后返回循环水管网中，继续吸收矿区的低温余能，完成整个循环。



矿井总回风与矿井排水热能回收水源热泵系统

### (三) 主要技术指标:

水源热泵机组热水出水温度 45~60℃，冷水出水温度 5~16℃；能效比 COP 值在制冷工况大于 5.5，在制热工况大于 4.4；水源热泵机组运行寿命 20 年。高效矿井回风换热器出口水温与矿井总回风的温差 2~3℃。

### (四) 技术应用情况:

热泵的商业应用有近三十几年的历史。我国水源热泵技术的研究和应用刚刚起步，目前主要应用于民用建筑、一般工业建筑的空调和供暖；适用于煤矿特点的水源热泵技术处在试验研究和示范应用阶段。

### (五) 典型用户及投资效益:

1. 孙村煤矿 4200kW 矿井低温热能回收技术。主要技改内容: 3 台 10t 的热力锅炉改造为三台热泵机组，增加热量提取装置。减少燃料排放，净化回风，处理排水。节能技改投资额 750 万元，建设期 1 年。每年可节能 1000 吨标准煤，年节能经济效益 321 万元，投资回收期 2 年。

2. 金牛股份公司东庞矿北井水源热泵项目，总装机制热能力 2600kW，制冷能力

580kW，满足井筒防冻、工业广场、辅助建筑、职工浴室供热及办公等场所夏季制冷。按传统采暖制冷方式，则需要 24t 锅炉和 210W 制冷机组。两者相比，热泵系统比传统方式每年运行费用减少 130 万元，实现节能 2030 吨标准煤。

3. 山东协庄煤矿供热系统改造前，燃煤锅炉供热冬季运行费约为 183.6 万元。系统改造后，水源热泵供热冬季运行费为 96.49 万元，每年可减少运行费 87.11 万元。原燃煤锅炉系统每年能耗为 1279.71 吨标准煤，水源热泵系统每年能耗为 343.28 吨标准煤，节约能耗 936.43t 标准煤，降耗约 73.17%。

### （六） 推广前景：

我国煤矿可以利用低温热能约为 2000 万 kW，相当于 4200 万 t 标准煤/年。

1. 矿井回风温度常年保持在 20~30℃ 之间，携带热量约 1000 万 kW，约为 2100 万吨标准煤/年。

2. 煤矿年产生矿井排水 50 亿立方米，按照平均利用温差为 10℃，则可以利用的热量约为 660 万 kW，约为 1400 万吨标准煤/年。

3. 煤矸石电厂 120 余座，装机容量 184 万 kW，由循环冷却水带走的热量为 342 万 kW，约为 710 万吨标准煤/年。

### （七） 投资效益测算

“十二五”期间，将上述技术推广至全国 5% 的煤矿用户（含煤矸石电厂），每年可节煤约 210 万吨。总投资约 100 亿元。

### （八） 措施建议：

1. 投资抵免。对应用该技术的煤矿设备投资额的 10% 从企业当年的应纳税额中抵免。
2. 技术标准制定。建立关键设备的技术、安全与质量检验标准。

### 三、 低品位余热发电

(一) 适用范围：水泥、钢铁、化工、冶金、纺织、建材等行业

(二) 技术内容：

#### 1. 技术现状

低品位余能是指温度低或规模小的余热余压资源。工业过程产生的低温、间歇性热能具有分布广、规模大、回收利用难度大等特点，低品位余能的利用效率低、难度大。低温余热资源约占工业余热资源的 30%，这些余热资源由于缺乏有效的技术手段进行回收发电，目前基本上未被利用，造成了能源的浪费和环境的热污染，因此中低温余热发电技术是工业节能减排的重要技术途径。

目前国内部分钢铁和水泥企业建立了余热发电系统，而且技术成熟可靠，但普遍使用的各类废热发电机组都依赖 300℃ 以上温度较高的热源，更大量的温度低于该范围的余热资源则无法利用发电或发电效率极低。另外许多余热余压发电规模较小，容量在几十至几百千瓦量级，对于这样小规模发电系统，缺乏小型膨胀动力装置。2007 年我国建成了第一个全部采用国产设备并拥有自主知识产权的余热发电工程——昆明钢铁集团公司第三烧结厂 5 MW 低温余热电站。经过十几年的开发、研究和工程投产运行，我国水泥窑纯低温余热发电技术总体上已经赶上国际先进水平。

#### 2. 技术原理

通过回收水泥、钢铁、化工等企业持续不断的向大气环境中排放的中低温（温度低于 300℃）的废蒸汽、烟气所含的低品位的热量来发电，它将企业在生产环节中产生的低品位的或废弃的热能转化为电能。中低温余热发电方法有：低品位热能汽轮机、有机朗肯循环(ORC)透平、混合工质循环透平、全流透平、螺杆膨胀机。

#### 3. 关键技术

(1) 适用于中低温余热发电的汽轮机组。汽机设计理念采用零部件模块化、标准化、系列化设计，机组流通部分采用高效率后加载叶型、全三维弯扭叶片，有效提高汽轮机效率。由于工质为中低温热源，因此汽轮机的调节系统采用电液调节方式，保证任何工况下汽轮机稳定运行。针对中低温余热工质，采用补汽混合室的设计，根据主蒸汽、补汽混合后的流动特性按照蜗壳理论进行结构设计，使流动效率达到最佳值。针对汽轮



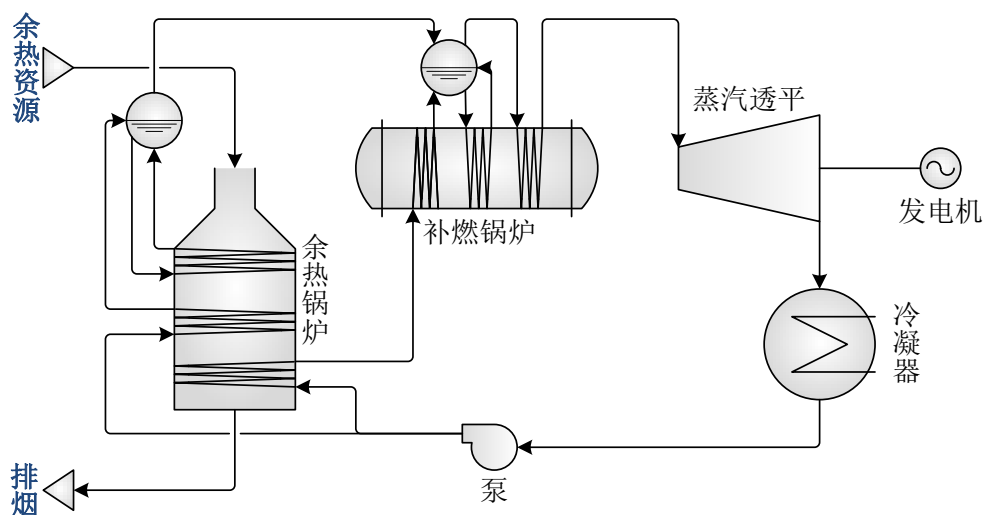
机后几级叶片水分较多、易发生水蚀现象的特点，低压部分设计集水槽盒疏水孔，充分利用转子转动的离心力分离水分，避免水蚀。另在两级叶片之间覆盖特殊的合金材料，以减轻水击现象带来的材料损伤。采用闪蒸技术，将闪蒸出的饱和蒸汽导入汽轮机做功，进一步提高汽轮机功率，且能够形成锅炉给水系统循环，有效的控制锅炉省煤器出口温度，保证锅炉主给水工况稳定。

(2) 有机朗肯循环技术。在传统朗肯循环中采用低沸点有机工质（如R113，R123等）代替水推动涡轮机做功，完成热电转化。关键在于寻求环境友好、换热效率高、安全、经济的工质；开发合适的换热设备，提高换热效率。

(3) 螺杆膨胀机技术。蒸汽进入机内齿槽推动螺杆转动，齿槽间的容积逐渐增大，介质降压降温膨胀做功后从齿槽末端排出。功率从主轴螺杆输出驱动发电机发电。需要开发适合不同温度段不同工质的单螺杆膨胀机，关键在于产品的耐温、耐腐蚀性能，减少漏气损失，保证工作效率。

#### 4. 工艺流程

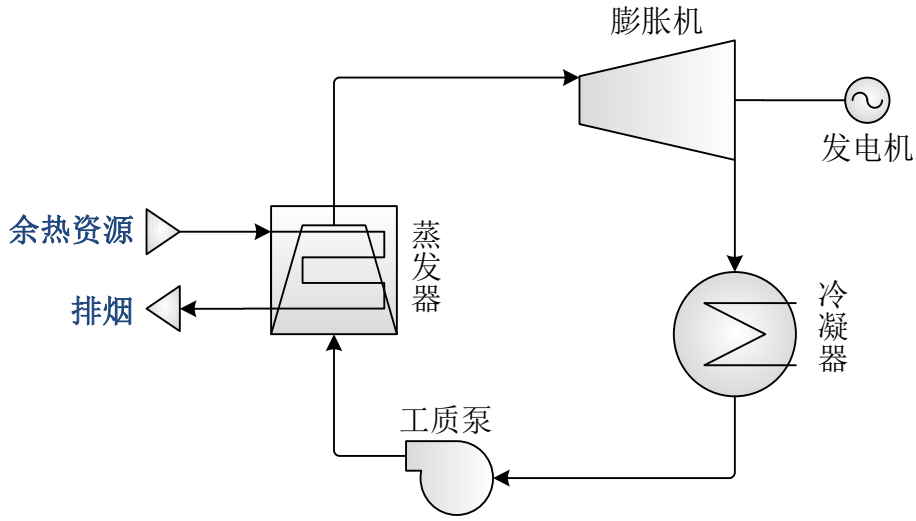
(1) 以水蒸汽作为工质的余热发电流程：通过余热锅炉生产出过热蒸汽和一定量的饱和水，将常规发电系统无法利用的部分低品位低温热能，通过闪蒸系统生产出饱和蒸汽，或者在余热锅炉后安装补燃锅炉，产生过热蒸汽一起进入多参数汽轮机做功发电，从而增加余热发电功率进入蒸汽透平做功发电。



带补燃锅炉的余热发电系统

(2) 有机朗肯循环透平：用热源加热氟里昂蒸发器中的有机介质，使之变为过热蒸汽，进入透平中做功，带动发电机发电。在汽轮机中做过功的有机介质蒸汽经冷却，

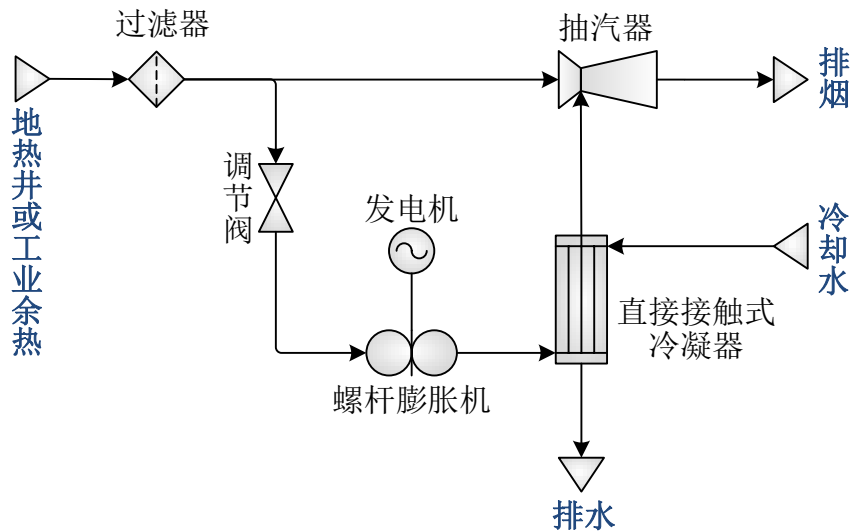
再由氟里昂泵泵入氟里昂蒸发器中，由热源再次加热蒸发，形成循环。该技术适用于低温余热利用。



有机朗肯循环余热发电系统

(3) 余热的工质是汽态和液态的混合物时，应采用全流透平或螺杆膨胀机发电。

螺杆膨胀机发电流程：低温热源的流体(或汽水混合物)先进入过滤器，除去砂粒、杂物等固体物质，然后经调节阀高速进入螺杆膨胀机，热流体在机内膨胀、压力降低、一部分液体汽化为汽体，随着压力的降低，蒸汽不断增加驱动螺杆转动做功，并带动发电机发电。做功后的热流体从螺杆膨胀机排出进入冷凝器，冷却凝结后从冷凝器排出。



螺杆膨胀机余热发电系统

(三) 主要技术指标：

根据余热热源温度、热源工质及热源量的不同而采用相应参数设备的发电系统。

#### **(四) 技术应用情况:**

目前政策和企业只关注 300℃ 以上高温热源的利用发电,低品位余热余压发电技术已经逐步成熟,亟待开展技术示范和推广。

#### **(五) 典型用户及投资效益:**

1. 昆明钢铁集团公司第三烧结厂 5MW 低温余热电站,该电站利用 2 条烧结线生产过程的余热发电,电站装机容量为 5000kW,标定发电量为 5340kW,实际年发电量 4000 万 kWh,相当于年节约标准煤 1.45 万吨,年创造直接经济效益 1800 万元。

2. 池州海螺公司三台纯低温余热发电机组装机容量 46600kW,年设计发电 4.96 亿 kWh,年节约燃煤 19.37 万吨,每年可为公司节约电能消耗 4.7 亿 kWh,折合标准煤约 17 万吨,每年可创造经济效益 22963 万元,全面实现万元综合产值综合能耗下降 15% 的目标。

#### **(六) 推广前景:**

余热余压利用工程是中国《节能中长期发展专项规划》中的十大重点节能工程之一。在水泥、钢铁、化工、冶金、纺织、建材、电力等各领域存在着大量的低品位余热,虽然这些余热资源相对火电厂来说,规模小、比较分散、压力和温度相对较低(70~300℃),但是蕴含的可利用总能量非常巨大。我国工业余热资源总量达 8 亿吨标准煤,低温工业余热约占 30%,约有 2.4 亿吨标准煤,若各种低温余热发电技术能够得以推广,则每年可产生约 2000 亿 kWh 电,相当于年节能 7000 万吨标准煤。

#### **(七) 投资效益测算**

“十二五”期间在钢铁、化工等领域进行低品位余热余压发电项目的推广,总装机容量达到 2000MW,余热余压年总发电量达到 120 亿 kWh,节能量相当于 420 万吨标准煤。总投资约 300 亿元。

#### **(八) 政策建议**

1. 激励机制。国家发改委和能源局组织对低品位余热余压发电的示范企业进行表彰推广,并给予优先上网等政策支持。
2. 投资抵免。对实施低品位余热余压发电节能改造工程的企业给予税收优惠,改造投资额的 10% 从企业当年的应纳税额中抵免。
3. 制订并实施各领域《低品位余热余压发电设计规范》。

## 四、 火电厂烟气综合优化系统余热深度回收技术

### (一) 适用范围：燃煤火电机组

### (二) 技术内容：

#### 1. 技术现状

火力发电厂消耗我国煤炭总产量的 50%，其排烟热损失是电站锅炉各项热损失中最大的一项，一般在 5~8%，占锅炉总热损失的 80%或更高。排烟热损失的主要影响因素是锅炉排烟温度，一般情况下，排烟温度每升高 10℃，排烟热损失增加 0.6~1.0%，发电煤耗增加 2g/kWh 左右。我国现役火电机组中，锅炉排烟温度普遍维持在 125~150℃ 左右水平，褐煤锅炉为 170℃ 为左右，排烟温度高是一个普遍现象，由此造成巨大的能量损失。

对于已经投运的锅炉，经过燃烧优化来降低排烟温度的幅度非常有限，省煤器和空气预热器的改造因受到空间的限制，降低排烟温度的幅度也很小，同时尾部受热面的低温腐蚀也限制了排烟温度的大幅降低。因此，独立于原有锅炉系统之外的排烟余热回收系统成为节能降耗的首选。

国内从 50 年代开始烟气余热换热器的研究，但换热效率较低。80 年代，国内先后研制了喷流式，喷流辐射式，复合式等换热器，主要解决中低温的余热回收。在 100℃ 以下烟气余热回收中取得了显著的效果，提高了换热效率。但在高温下仍因换热器的材质所限，使用寿命低，维修工作量大或固造价昂贵而影响推广使用。21 世纪初国内研制出了陶瓷换热器，其导热性与抗氧化性能是材料的主要应用性能。它的原理是把陶瓷换热器放置在烟道出口较近，温度较高的地方，不需要掺冷风及高温保护，当炉温为 1250~1450℃ 时，烟道出口的温度应为 1000~1300℃，陶瓷换热器回收余热可达到 450~750℃，将回收到的热空气作为氧化剂，可节约能源 35~55%，这样直接降低生产成本，增加经济效益。从 2002 年开始，烟气余热回收技术取得较大进展，较为成熟的技术是利用氨水吸收制冷技术回收余热制冷或制冰。

#### 2. 技术原理

电站锅炉排烟余热深度回收利用系统安装在除尘器之后、脱硫塔之前的烟道中，可以最大程度地降低烟气温度，使烟气温度再降低 40~50℃。在一些采用湿烟囱或烟塔合一等最新烟气排放技术的电厂，脱硫塔入口烟温可降低到 85℃ 左右，使烟温达到最佳

脱硫效率状态，大大减少脱硫塔的冷却水耗。

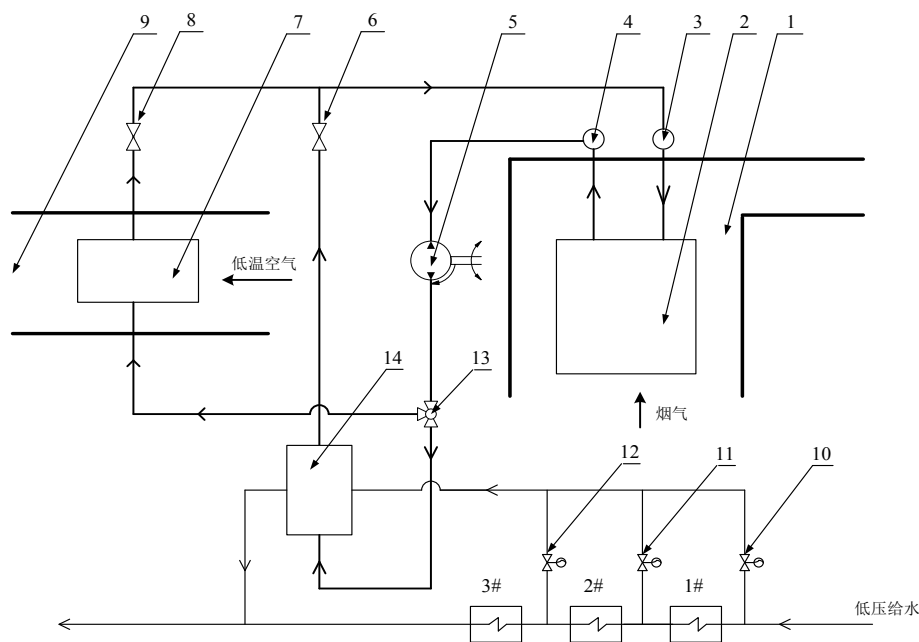
排烟余热回收系统所吸收的能量可以用来加热凝结水，或通过暖风器加热空气提高送风温度，从而减少低压加热器或者暖风器的抽汽量，增加汽轮机做功，提高机组效率。

### 3. 关键技术

- (1) 排烟余热回收装置即烟气冷却器的设计。
- (2) 排烟余热回收装置即烟气冷却器的防腐。
- (3) 排烟余热利用系统即低压给水加热器或者暖风器的设计。
- (4) 热力系统优化设计和控制。

### 4. 工艺流程

工艺流程见图 1，循环介质（水）在循环水泵 5 的作用下，通过入口集箱 3 进入烟气冷却器 2，吸收尾部烟道 1 中的烟气余热后温度升高，经出口集箱 4 流出。当环境温度较高时（例如在夏季），导向阀 13 切换到加热给水状态，空气加热器闸阀 8 全关，给水加热器闸阀 6 全开。经出口集箱 4 流出的高温循环介质（水）进入给水加热器 14，把在烟气冷却器 2 中吸收的热量释放给低压给水后开始下一个循环。凝结水经过分水调节阀 10、11、12 进入给水加热器 14，吸收循环介质（水）释放的热量，温度升高后进入除氧器。分水调节阀 10、11、12 可以改变各级（1#、2#、3#）低压加热器的分水比，根据实际运行情况进行优化调节。当环境温度较低时（例如在冬季），导向阀 13 切换到加热冷空气状态，空气加热器闸阀 8 全开，给水加热器闸阀 6 全关。经出口集箱 4 流出的高温循环介质（水）进入空气加热器 7，把在烟气冷却器 2 中吸收的热量释放给送风后开始下一个循环，冷空气温度升高后进入空气预热器继续加热。



1 为尾部烟道，2 为烟气冷却器，3 为进口集箱，4 为出口集箱，5 为循环水泵，6 为给水加热器阀门，7 为空气加热器，8 为空气加热器阀门，9 为风道，10~12 为低压加热器分水调节阀，13 为余热利用导向阀，14 为给水加热器。

烟气综合优化系统余热深度回收工艺流程图

### （三） 主要技术指标：

电站锅炉采用该排烟余热深度回收系统后，发电煤耗可以降低 2~3g/kWh。

### （四） 技术应用情况：

该技术已获得国家专利，目前已经在华能集团下属的两个火力发电厂应用。

### （五） 典型用户及投资效益：

1. 华能国际电力股份有限公司井冈山电厂。建设规模：300MW 火电机组。主要技改内容：在增压风机之后脱硫塔之前的烟道增加烟气冷却器，把给水从 6# 低压加热器前通过管道引入烟气冷却器，加热后回到 5# 低压加热器，使排烟温度从 152℃ 降低到 108℃，低压给水从 83.8℃ 加热到 103.7℃，主要设备包括烟气冷却器、控制系统、阀门和管道。节能技改投资额 640 万元，建设期 45 天。年节能 3990 吨标准煤，年节约费用 319.2 万元/年，投资回收期 2 年。

2. 上海外高桥第三发电有限责任公司。建设规模：2 × 1000MW 机组。主要技改内容：烟气冷却器本体基础施工，烟气冷却 20 器安装，凝结水管道和支吊架安装，烟道施工和风机改造（如有需要）。节能技改投资额 4370 万元，建设期 12 个月。按机组年利用 5500h 测算，每年可节能 29810 吨标准煤，取得经济效益 2276 万元，投资回收

期 2 年

### （六） 推广前景：

国内现有的 300~1000MW 机组大部分采用湿法烟气脱硫系统，要求进入脱硫塔的烟气温度的在 80℃左右，因此锅炉排烟中的部分余热未被充分利用，通常使用喷水、GGH（气气换热器）降温，造成了热量的损失。排烟余热深度回收利用技术可以把这部分热量回收用于加热给水、送风。改造后发电煤耗平均降低约 2g/kWh。截止到 2010 年，我国火电装机容量为 7 亿 kW，而 30 万 kW 以上机组占 72%左右，约 5 亿 kW。

### （七） 投资效益测算

到“十二五”末，若对 50%的火电厂进行排烟余热深度回收利用改造，年运行时数平均按照 6000 小时计算，每年可节能 300 万吨标准煤。总投资 75 亿元。

### （八） 措施建议

1. 量化节能投资的经济效益。鼓励采用合同能源管理等市场机制，分享节能效益，促进产业化推广。
2. 优先审批。建议国家发改委和能源局给予项目建设优先审批。

## 五、机械式蒸汽再压缩技术

(一) 适用范围：生化和化工等行业料液和废水的浓缩

(二) 技术内容：

### 1. 技术现状

MVR 是蒸汽机械再压缩技术(Mechanical Vapor Recompression)的简称。MVR 是重新利用它自身产生的二次蒸汽的能量，从而减少对外界能源的需求的一项节能技术。早在 60 年代，德国和法国已成功地将该技术用于化工、食品、造纸、医药、海水淡化及污水处理等领域。

目前国内外多数的 MVR 蒸发装置中使用单级离心式风机。这些离心式风机被当作高压风机或者涡轮压缩机使用。MVR 风机的设计提资很重要，它将影响和决定系统最终的蒸发量。对于不同干物浓度下沸点差异不大的物料，采用单台风机即可满足；对于不同干物浓度下沸点差异较大的物料，采用两台风机串联，或使用多级压缩风机。

MVR 装置的多效蒸发过程中，蒸发器某一效的二次蒸汽不能直接作为本效热源，只能作为次效或次几效的热源。如作为本效热源必须额外给其能量，使其温度、压力提高。蒸汽喷射泵只能压缩部分二次蒸汽，而 MVR 蒸发器则可压缩蒸发器中所有的二次蒸汽。溶液在一个降膜蒸发器里，通过物料循环泵在加热管内循环。初始蒸汽用新鲜蒸汽在管外给热，将溶液加热沸腾产生二次汽，产生的二次汽由涡轮增压风机吸入，经增压后，二次汽温度提高，作为加热热源进入加热室循环蒸发。正常启动后，涡轮压缩机将二次蒸汽吸入，经增压后变为加热蒸汽，就这样源源不断进行循环蒸发，蒸发出的水分最终变成冷凝水排出。

采用机械蒸汽再压缩的主要优点是单位能量消耗低、因温差低使产品的蒸发温和、由于常用单效使产品停留时间短、工艺简单、实用性强、部分负荷运转特性优异、操作成本低。蒸发设备紧凑，占地面积小、所需空间也小，又可省去冷却系统。对于需要扩建蒸发设备而供汽，供水能力不足，场地不够的现有工厂，特别是低温蒸发需要冷冻水冷凝的场合，可以收到既节省投资又取得较好的节能效果。

### 2. 技术原理

机械式蒸汽再压缩(MVR)的原理是利用高效蒸汽压缩机压缩蒸发产生的二次蒸汽，把电能转换成热能，提高二次蒸汽的焓，被提高热能的二次蒸汽打入蒸发室进行加



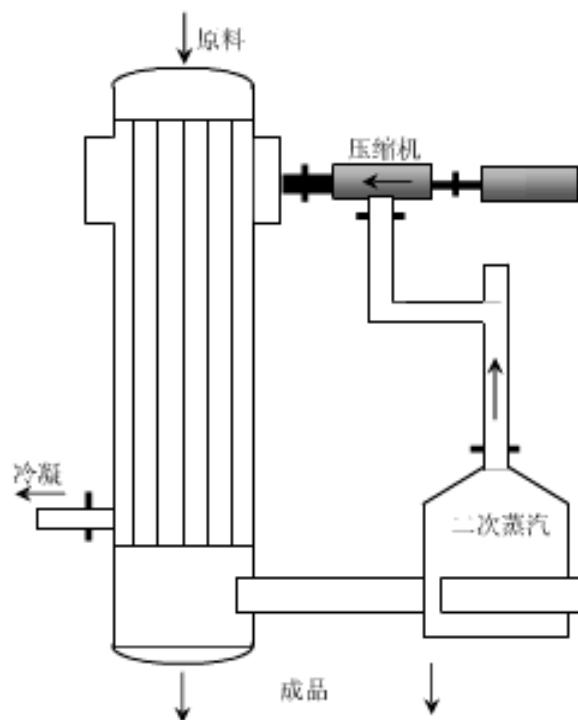
热，以达到循环利用二次蒸汽已有的热能，从而可以不需要外部蒸汽，依靠蒸发器自循环来实现蒸发浓缩的目的。生蒸汽仅用于补充热损失和补充进出料温差所需热焓，从而大幅度降低蒸发器的生蒸汽消耗，达到节能目的。通过 PLC、单片机、组态等形式来控制系统温度、压力马达转速，保持系统蒸发平衡。

### 3. 关键技术

此技术的关键之处在于机械式蒸汽再压缩蒸发器的工艺和设备配套选型设计、系统的自控设计、压缩风机的设计等。其优势在于单位能量消耗低，工艺简单，实用性强，部分负荷运转特性优异，操作成本低。

### 4. 工艺流程

换热器用于要浓缩物料的加热，热源来自初始蒸汽，后段来自于机械压缩机压缩二次蒸汽后，得到的高热蒸汽。分离器是用于加热物料闪蒸汽闪蒸用的，目的是物料内水分变成气态被抽走，下部就得到浓缩的物料。顶部管线输送闪蒸出来的二次蒸汽，转入机械式压缩机压缩，可提升蒸汽热量，用于换热器加热物料用。预热器的目的是将主换热器蒸汽换热后，变成的冷凝水，再次利用富于热量，该冷凝水是蒸汽失热后生成的，仍有较高热能，在这里用于初始物料进主换热器前的预热，目的是充分吸收热能，排出的冷凝水就是物料内被分离出的水分。



机械式蒸汽再压缩工艺流程图

### （三） 主要技术指标：

以 40t/h 发酵液蒸发量机械再压缩式蒸发器为例，其主要技术指标如下：

蒸发量：40t/h；

耗汽量：1t/h；

循环水量：45t/h；

装机容量：900kW。

蒸发一吨水需要耗电约为 23~70kWh，可以实现蒸发温度 17~40℃的低温蒸发(无需冷冻水系统)。

### （四） 技术应用情况：

目前，该技术已在部分化工厂及生化公司实施，节能效果显著，技术成熟可靠。

### （五） 典型用户及投资效益：

1. 安徽丰原生物化学股份有限公司。建设规模：年产 32 万吨燃料乙醇项目，新增蒸发浓缩系统为 50t/h 的机械再压缩式蒸发器。主要技改内容：新增系统主要用来浓缩酒精塔釜水，主要设备包括压缩风机、加热器、分离器、配套循环泵和自控设备等。节能技改投资额 2000 万元，建设期 1 年。年节能 1.4 万吨标准煤，年节能经济效益 1764 万元，投资回收期 1.14 年。

2. 河南省焦作市华康化工有限公司。建设规模：年产 10000 吨木糖项目，其中蒸发系统为 2 台 18t/h 和 1 台 10t/h 的机械式蒸发器。主要技改内容：用 3 台机械再压缩蒸发器替代原有的三\四效蒸发器。节能技改投资额 1150 万元，建设期 6 个月。年节能 1.1 万吨标准煤，年节能经济效益 1100 万元，投资回收期 1 年。

### （六） 推广前景：

2009 年，我国发酵行业产品总产量约 1600 万 t，按每年 10%的速度增长；汽耗约 1.28 亿 t，浓缩工段能耗约占总能耗的 40%。预计 2015 年，发酵行业产品年产量约 2500 万 t，汽耗约 2 亿 t，其中，浓缩工段约占总能耗的 40%，则用于浓缩工艺的汽耗约 8000 万 t，折合约 800 万吨标准煤，通过采用机械式蒸汽再压缩技术，可有效降低吨产品汽耗，实现节能减排的目标。

### （七） 投资效益测算

按“十二五”末在全行业推广 20%计，则每年可节约蒸汽约 1440 万 t，折合 145 万吨标准煤左右。总投资 34 亿元。

## （八） 措施建议

1. 制定和发布相关技术和产品标准。制定相关产品的技术标准和能效标准。

## 六、 低热值高炉煤气—蒸汽联合循环发电

### (一) 适用范围：钢铁企业自发电

### (二) 技术内容

#### 1. 技术现状

我国是世界最大的钢铁生产与消费国，已连续 14 年保持世界第一。据中国钢铁工业协会统计，2010 年我国钢产量约为 6.27 亿吨，占世界钢产量 44.3% 以上，钢材消费量占世界总量 35%。同时，钢铁行业也是耗能和排放大户，我国钢铁工业能耗占全国总能耗 12~19%（2010 年占 18.4%），CO<sub>2</sub> 排放的比例类似，而且吨钢综合能耗比国际先进水平高约 10~15%，节能减排潜力巨大。钢铁生产过程中产生大量余热余能，其中高炉煤气等低热值伴生气的化学能占总余能的 67% 左右。我国钢铁工业的低热值伴生气高效利用比例还很低，联合循环发电（CCPP）仅占低热值伴生气发电量的 10% 左右，普遍采用直接燃烧的单循环蒸汽轮机方式发电，其发电效率只有 22~26%；另外，每年还有约 5% 的高炉煤气直接发散排空，能源浪费巨大。

目前联合循环发电仅占我国钢铁工业低热值伴生气发电量的 10% 左右。钢铁企业使用煤气发电的 CCPP 机组中，除宝钢采用全高炉煤气外（热值约为 700 kcal/m<sup>3</sup>），其余均为高炉煤气和焦炉煤气混合，热值都在 1000 kcal/m<sup>3</sup> 以上，约为 1300 kcal/m<sup>3</sup>。钢铁工业低热值 CCPP 系统包括低热值燃气轮机和高效煤气压缩机等关键部件。国际上只有美国 GE 公司、德国西门子公司、瑞士 ABB 公司和日本三菱公司等的低热值燃气轮机技术已成熟，其产品已实现了产业化。国际上只有 GE、三菱和西门子公司拥有大型低热值煤气压缩机设计和制造技术。

我国南京汽轮机（集团）有限责任公司（简称南汽）与美国 GE 公司合作，成功开发了 PG6561-L 型高炉煤气燃气轮机发电机组，该机组由南汽设计，从美国 GE 公司引进燃气轮机燃烧室、叶片、控制系统等关键部件。我国的沈阳鼓风机（集团）有限公司（简称沈鼓）自主研发的低热值煤气压缩机已通过生产实践验证，陕西鼓风机（集团）有限公司也已设计出首台高炉煤气压缩机，但我国技术水平与国际差距较大。

我国 CCPP 发展受到制约的瓶颈在于其核心技术被国外垄断，设备基本依赖进口，安装和维修成本非常巨大。虽然我国南汽已开发了低热值燃料的燃气轮机，但其中的关键技术是从国外引进的，至今仍没有完全自主知识产权的低热值燃气轮机关键技术，也

没完全掌握先进的煤气压缩机关键技术。

## 2. 技术原理

钢铁工业低热值燃气-蒸汽联合循环发电装置（CCPP）是根据“温度对口，梯级利用”的基本原理，将布雷顿循环与朗肯循环相结合，从而显著提高钢铁工业可燃伴生气的利用效率，其发电效率可达 40~45%，若不考虑压缩煤气的耗功，已接近天然气和柴油为燃料的相近型号的燃气轮机联合循环发电水平；而常规的锅炉蒸汽发电仅为 23% 左右。相同的煤气量，CCPP 要比常规的锅炉蒸汽发电多发出 70%~90% 的电，而其冷却水量只有同规模锅炉蒸汽发电机组的 40%，是典型的节能装置。钢铁厂的 CCPP 以燃高炉煤气为主或掺入少量焦炉煤气或转炉煤气。与常规电厂相比，CCPP 热电转换效率提高近 10 个百分点，同时，CCPP 排烟中 CO<sub>2</sub> 排放比常规火力电厂减少 45~50%，没有 SO<sub>2</sub>、飞灰及灰渣排放，NO<sub>x</sub> 排放很低，为钢铁企业富余煤气利用提供了良好的途径。

## 3. 关键技术

（1）高炉煤气的预处理技术。高炉煤气经过除尘、精脱苯、脱硫技术；经煤气柜混合后，通过燃气配比技术实现向煤气压缩机供应恒定热值和流量煤气。

（2）低热值伴生气联合循环发电系统优化调节与控制技术。优化 CCPP 系统与部件的运行参数；掌握各工况下系统的性能与参数随外界负荷和环境条件变化而变化的规律，提高 CCPP 的变工况性能。

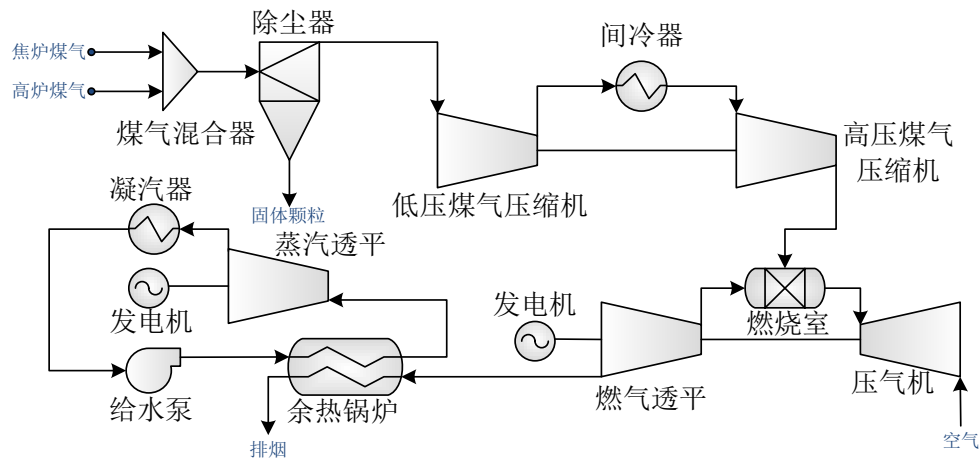
（3）低热值燃气轮机技术。燃用低热值高炉煤气的燃烧室设计，满足燃料热值超低化及非稳定性的要求；重新匹配燃气轮机的压气机、燃烧室和涡轮，满足燃气流量波动的需要；采用先进的叶片材料与涂层技术。

（4）高性能煤气压缩机技术。研发与推广高效、宽工况的多级组合式煤气压缩机，适应高炉煤气流量和压力的变化；研发安全可靠的密封系统。

## 4. 工艺流程

钢铁企业采用的 CCPP 一般由高炉煤气或混合煤气供给系统、燃气轮机系统、余热锅炉系统、蒸汽轮机系统和发电机组系统组成。主要工艺流程为经除尘加压的高炉煤气与加压的空气混合后进入燃烧室并燃烧，所产生的高温、高压燃气进入燃气透平机组膨胀做功，燃气轮机通过减速齿轮传递到汽轮发电机组发电；燃气轮机做功后的排气进入余热锅炉，产生蒸汽后进入蒸汽轮机做功，带动发电机组发电，这就组成煤气—蒸汽联

合循环发电系统。其工艺流程见图所示。



工艺流程图

### (三) 主要技术指标

1. 50MW 级低热值伴生气联合循环发电系统的可燃煤气热值不高于  $1200\text{kcal/m}^3$ ，煤气管道效率不低于 78%，发电效率不低于 40%。

2. 150MW 级低热值伴生气联合循环发电系统的可燃煤气热值  $800\sim 1200\text{kcal/m}^3$ ，煤气管道效率不低于 78%，发电效率不低于 45%。

### (四) 技术应用情况

目前我国钢铁企业中已有宝钢、济钢、鞍钢、包钢等多台套 CCGP 发电机组投产，功率级别从 50MW、150MW 到 300MW 不等，采用的技术主要来自三菱和通用公司。

我国尚不掌握自主知识产权技术，大部分钢铁企业装备的 CCGP 核心技术及装置依赖进口。通过“十五”和“十一五”的研发，我国已基本掌握低热值燃气轮机技术和高效煤气管道技术，部分成果已通过技术鉴定，已具备国产化示范和推广条件。

### (五) 典型用户及投资效益

1. 济钢一期两套 50MW 燃气-蒸汽联合循环发电机组。工程总投资 5.7 亿元，建有 2 台燃气轮发电机组、2 台双压余热锅炉和 3 台 18MW 汽轮机发电机组，总装机容量为 132MW，年设计发电量 7.4 亿 kWh，发电直接经济效益 3.7 亿元/年。

2. 包钢两套 150MW 燃气-蒸汽联合循环发电机组。工程总投资为 21.9 亿元，两机组建成投产后，每小时可消耗 46 万立方米高炉煤气和 4.9 万立方米焦炉煤气，年可外发电量 18.38 亿 kWh，每年可为包钢节约外付电费约 8 亿元。

### (六) 推广前景

钢铁生产过程中产生大量余能，包括余热、余压及低热值伴生可燃气等，吨钢余能资源总量约为 455kg 标准煤，其中高炉煤气等低热值伴生气的化学能占总余能的 67% 左右。我国钢铁工业的低热值伴生气高效利用比例还很低，普遍采用直接燃烧的单循环蒸汽轮机方式发电，其发电效率只有 22~26%；另外，每年还有约 5% 的高炉煤气直接发散排空，能源浪费巨大，仅此部分就相当于 600 万吨标准煤。

该技术可以有效解决煤气放散问题，且发电效益大大提高，对于目前钢铁企业节能降耗起到很大的技术推动作用，推广潜力巨大。据有关部门报道，宝钢梅山、沙钢、太钢、浦钢、武钢、首钢京唐钢铁、莱钢、潍坊钢铁公司、江西萍乡钢铁公司、云南双友钢铁公司也拟建或在建不同规模的 CCPP。

### （七） 投资效益测算

单台 50MW 级低热值伴生气联合循环发电系统每年可节电 1.5 亿 kWh，折合标准煤 5.3 万吨，工程总投资约 3 亿元；单台 150MW 级低热值伴生气联合循环发电系统每年可节电 6.7 亿 kWh，折合标准煤 23.6 万吨。“十二五”期间产业化推广至 30% 的比例，每年节约 290 万吨标准煤。总投资 160 亿元。

### （八） 政策建议

1. 优惠政策。建议国家给予 CCPP 项目建设优先审批，资金配套和发电优先上网等优惠政策，同时加强节能降耗考核力度，通过多种方式鼓励钢铁企业发展 CCPP，获取经济效益。
2. 建立落后发电方式退出机制。通过财政补贴的方式，支持落后发电方式退出市场。
3. 能力建设。建立国家钢铁工业节能减排工程中心或节能减排技术研发（实验）中心，加强新型减排技术的基础研究和技术攻关，尽早实现关键设备的国产化。

## 七、空冷机组高效节能技术

### （一）适用范围：电力领域

### （二）技术内容：

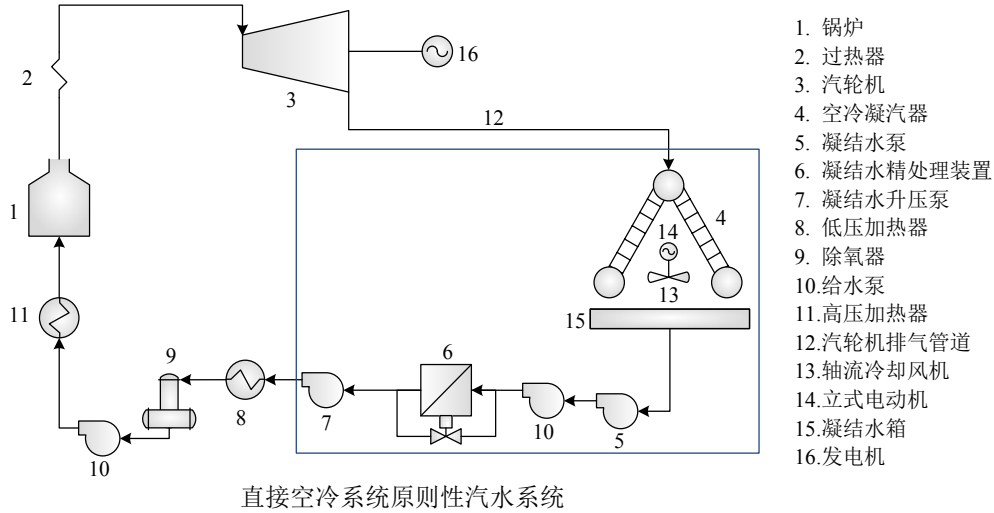
#### 1. 技术现状

我国是一个水资源短缺的国家。目前，在全国 600 多个城市中，有 400 多个缺水，而我国富煤地区往往缺水。空冷机组正是应对缺水富煤地区火力发电难题而研制和发展起来的重大电力装备。空冷技术分为直接空冷和间接空冷两种，这两种技术各有优势，在全世界空冷机组的装机容量中，间接空冷机组约占 40%，直接空冷机组约占 60%。美国 SPX 和德国 GEA 走在空冷技术的世界前列，占据世界 50 - 60% 的市场。我国电站空冷技术在 2004 年才开始大规模应用于燃煤电厂，现有机组主要是直接空冷，未来间接空冷也是主要发展方向。国内的哈尔滨空调股份有限公司和江苏双良空调设备股份有限公司等通过技术引进和自主开发，并与国内大型汽轮机制造企业开展合作，正在迅速占领国内空冷机组的市场，但与世界先进水平相比，我国空冷机组能耗偏高。

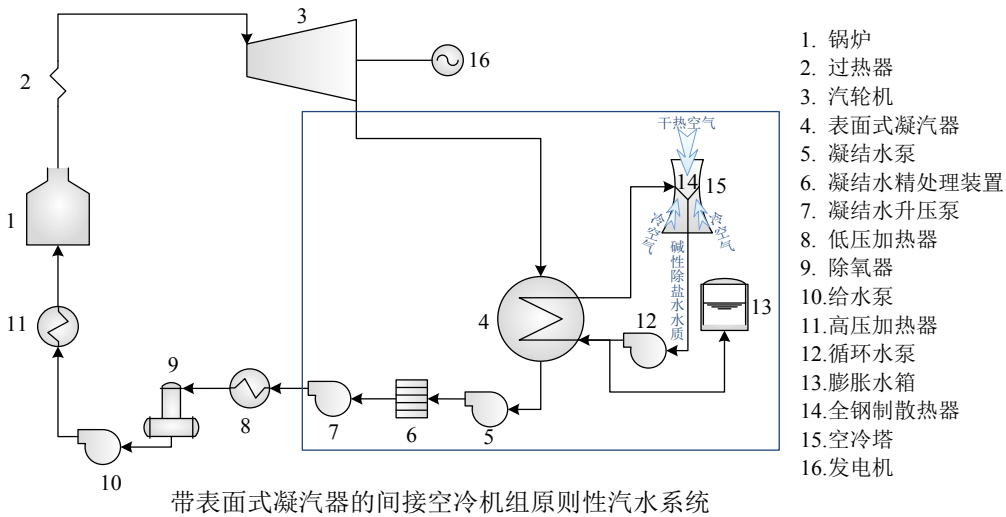
国内大多数空冷机组都存在严重的运行参数不匹配问题及汽轮机和空冷岛效率偏低问题，具有较大的节能空间。电厂实际运行监测的数据显示，国产空冷机组的运行效率低于同类型进口机组，特别是低压缸效率与国外先进机组有明显的差异。以国产 600MW 超临界空冷机组为例，低压缸实际运行效率较同参数国外先进机组低 10~15%。同时，机组普遍存在夏天怕热冬天怕冷问题，大量机组夏季不能满负荷运行，冬季又常出现空冷岛结冻现象。

目前，我国空冷机组的节能技术已经成熟，并已在 50MW、200MW 等小型机组上广泛应用；但迄今为止，在 300MW 及以上的大型空冷机组（也是主流机组）中开展节能技术应用的还不多，主要原因在于对大型机组进行节能提效的初期投入大，示范成本高，审批门槛较高，又因“上大压小”使在建或将建的机组均为大型机组，因此，“十二五”期间迫切需要开展大型空冷机组高效节能技术的示范和推广。

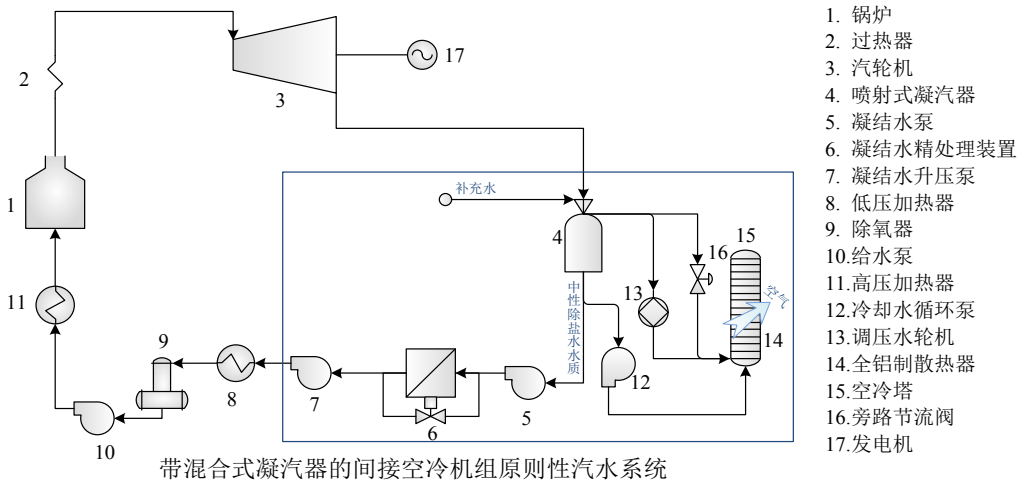




1. 锅炉
2. 过热器
3. 汽轮机
4. 空冷凝汽器
5. 凝结水泵
6. 凝结水精处理装置
7. 凝结水升压泵
8. 低压加热器
9. 除氧器
10. 给水泵
11. 高压加热器
12. 汽轮机排气管道
13. 轴流冷却风机
14. 立式电动机
15. 凝结水箱
16. 发电机



1. 锅炉
2. 过热器
3. 汽轮机
4. 表面式凝汽器
5. 凝结水泵
6. 凝结水精处理装置
7. 凝结水升压泵
8. 低压加热器
9. 除氧器
10. 给水泵
11. 高压加热器
12. 循环水泵
13. 膨胀水箱
14. 全钢制散热器
15. 空冷塔
16. 发电机



1. 锅炉
2. 过热器
3. 汽轮机
4. 喷射式凝汽器
5. 凝结水泵
6. 凝结水精处理装置
7. 凝结水升压泵
8. 低压加热器
9. 除氧器
10. 给水泵
11. 高压加热器
12. 冷却水循环泵
13. 调压水轮机
14. 全铝制散热器
15. 空冷塔
16. 旁路节流阀
17. 发电机

## 2. 技术原理

通过汽轮机通流部分的优化设计，提高流动效率及工况适应能力；进行高效空冷岛设计，提高换热设备效率，最大限度降低机组的背压；优化匹配锅炉、机组辅机、空冷

岛、凝汽器、抽真空系统、水处理系统等各部件的参数，满足机组高效运行的需求。

### 3. 关键技术

(1) 空冷机组系统优化。通过机组系统优化设计和总能系统技术应用，使汽轮机、锅炉、机组辅机、空冷岛、凝汽器、抽真空系统、水处理系统等各部件参数得以优化配置，适应机组高效运行的需求。

(2) 空冷汽轮机通流部分优化。开展空冷汽轮机通流部分特别是末级长叶片和低压缸子午通道设计与优化；开展空冷机组变工况特性研究与技术升级，使汽轮机在变工况时保持较高的通流效率。

(3) 空冷岛节能技术应用。进行高效空冷岛设计，提高换热设备效率，最大限度降低机组的背压；通过提高换热系统效率、降低空冷单元内流动阻力和空冷风机能耗、减少凝汽系统漏气等技术应用，提高系统效率；通过优化空冷岛换热设备，解决夏天怕热冬天怕冷问题，提高机组负荷水平。

#### (三) 主要技术指标：

低压缸实际运行效率提高 10%以上，单台机组可降低煤耗 8 克，达到国际先进机组的实际运行水平。

#### (四) 技术应用情况：

哈尔滨空调股份有限公司和江苏双良空调设备股份公司等通过技术引进和自主开发，已掌握空冷机组高效节能技术，并已在 50MW、200MW 等小型机组上广泛应用；但在 300MW 及以上的大型空冷机组（也是主流机组）中开展节能技术应用的还不多。

#### (五) 典型用户及投资效益：

以大同第二发电厂为例，将其 2 台 600MW 和 2 台 660MW 机组都进行节能改造，单台投资约 2.2 亿元，预计单台机组可降低煤耗 8 克，年节约标准煤将达到 16 万吨，直接经济效益将超过 1.6 亿元。

#### (六) 推广前景：

空冷机组是应对缺水富煤地区火力发电难题而研制和发展起来的重大电力装备。国内现有空冷机组主要有 300MW 级亚临界机组、600MW 级亚/超临界机组和 1000MW 级超超临界机组，总装机容量已超过 5000 万 kW，预计到“十二五”末期，空冷机组的总装机容量将超过 1 亿 kW，这些机组均可开展高效节能技术应用。

#### (七) 投资效益测算

单台 300MW 亚临界机组每年可节约标准煤 3.6 万吨。单台 600MW 亚/超临界空冷机组每年可节约标准煤 9.6 万吨。单台 1000MW 超超临界空冷机组每年可节约标准煤 16 万吨。“十二五”期间，若将上述技术推广至全部空冷机组装机容量的 20%，每年可节煤 240 万吨。总投资 70 亿元。

#### **（八） 措施建议**

1. 优先审批和优先上网。国家发改委和能源局优先审批应用节能技术的大型空冷机组项目，组织对开展空冷机组节能提效示范的企业进行表彰推广，并给予优先上网等激励政策支持。
2. 投资抵免。对实施大型空冷机组节能提效推广工程的企业予以税收优惠，推广工程投资额的 10% 从企业当年的应纳税额中抵免。

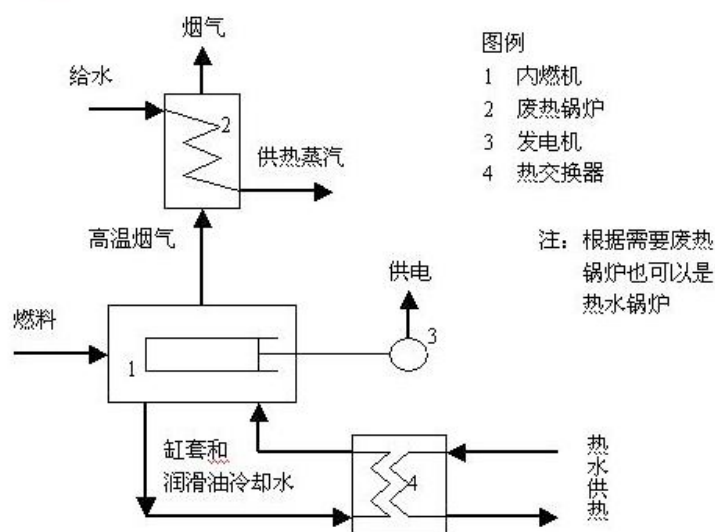
## 八、 分布式冷热电联产技术

### (一) 适用范围：电力领域、建筑领域

### (二) 技术内容：

#### 1. 技术现状

近年来，由于环境状况不断恶化及能源供应日趋紧张，分布式供能系统得到了世界主要发达国家的极大的重视，尤其在美、欧、日等发达国家更是得到了迅猛发展。冷热电联产系统是分布式供能的主要形式，分布式供能系统一般同时具有发电、供热与制冷能力，能源综合利用率可达 80% 以上。内燃机和微小型燃气轮机是冷热电联产系统的主要动力装备。对于以内燃机作为发动机的分布式供能系统，其废热利用来自两个部分，一部分来自高温烟气，温度大约为 500~600℃，可直接排入余热锅炉用来产生蒸汽，另一部分来自内燃机缸套冷却水，温度大约 85~95℃ 和润滑油的冷却水，温度大约为 50~60℃，可直接用来进行热交换，产生热水。



内燃机为发动机的分布式供能系统

相比内燃机，微小型燃气轮机具有效率高、余热品位高等优点，代表着 21 世纪先进动力设备的高端技术，也是分布式供能系统的发展重点。美国是最早实施发展微小型燃气轮机分布式供能系统的国家之一。目前美国已有 6000 多座分布式供能系统，仅大学校园就有 200 多个采用了分布式供能系统，大多是以天然气为燃料，采用燃气轮机联合循环冷热电联供技术，主要解决校园的采暖、制冷、生活热水供应和部分电力供应。美国新建楼宇要求采用分布式冷热电供能系统（CHP）的达到 50%，到 2011 年，美国

20%以上的新建商用建筑已使用冷热电联供系统，预计到 2020 年 50%的新建商用建筑使用冷热电联供系统。在未来 20 年，预计分布式供能系统将占美国新增发电容量的 20%。在欧洲，许多国家已经制定了优先发展分布式供能技术能源政策和研究规划。目前英国就有数千套分布式供能系统在运行。2012 年伦敦奥运会的新增能源供应将全部依赖分布式能源和可再生能源。丹麦、荷兰、芬兰等国，分布式供能发展水平居世界领先水平，分布式供能发电量分别占到国内总发电量的 52%、38%和 36%，远远高于世界平均水平。专家预测到 2020 年 50%的新建商用建筑将使用冷热电联供系统，欧洲用于分布式供能的微型燃机装机容量将达到 33GW，计 46 万台套。日本将分布式供能技术作为本国能源科技优先发展的关键领域，在其能源供应领域中，热电联产的分布式供能系统是仅次于燃气、电力的第三大公益事业。2011 年，日本以燃气轮机和内燃机为动力的分布式供能系统总装机容量达到了 10GW 以上。

我国微小型燃气轮机及分布式能源整体上发展相对滞后。由于我国对先进微小型燃气轮机的核心技术尚未完全掌握，还没有适合分布式供能的、高性能的微小型地面燃气轮机发电装置，产品主要依赖进口。

## 2. 技术原理

分布式供能系统是一种建立在能量的梯级利用概念基础上，利用小型燃气轮机、燃气内燃机、微燃机等设备将燃气燃烧后获得的高温烟气首先用于发电，然后利用余热在冬季供暖；在夏季通过驱动吸收式制冷机供冷；同时充分利用排气热量提供生活热水。

## 3. 关键技术

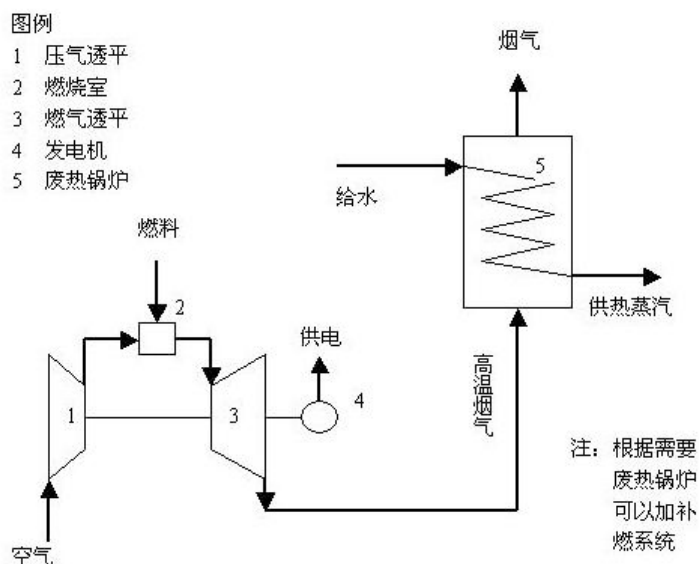
(1) 建筑、工业等典型分布式能源系统总体设计技术。针对天然气分布式供能系统的特点，设计高效率、低成本燃气轮机与分布式供能系统总体方案，包括燃气轮机总体热力参数、气动方案、结构方案、部件性能指标及示范系统整体布局方案等。

(2) 微小型燃气轮机关键部件与整机集成。压气机、涡轮、低污染燃烧室、回热器等关键部件的气动设计、结构方案等技术，进排气系统、滑油系统、附件系统匹配。

(3) 新型制冷方法和系统的集成。设计开发以微型燃机为主体的热电（CHP）供能系统，包括发电系统、上网系统、配套的余热供热与制冷装置等；制定不同能源形式输出的匹配方案、变工况调节特性和合理的联动运行方式。

## 4. 工艺流程：

以燃气轮机作为发动机的分布式供能系统。空气在压气机中被压缩成高温高压气体，然后进入燃烧室燃烧，产生的高温燃气进入燃气透平带动发电机发电；与内燃机不同，通常高温排气是燃气轮机唯一的废热来源，温度可达350~550℃，排出的气体也可全部用于产生蒸汽。



燃气轮机为发动机的分布式供能系统

### （三） 主要技术指标

核心装置燃气轮机的热效率不低于 26%；燃天然气时排放水平低于 10ppm；噪音低于 85dB；设计寿命不低于 80000 小时；系统综合效率达到 80%以上，与常规供能系统相比节能 20~30%。

### （四） 技术应用情况：

我国尚无自主知识产权的以燃气轮机为核心装置的分布式供能系统核心技术。北京、上海、广州等城市在已建成的上海浦东国际机场、北京燃气大楼、广东铝业集团大楼等多个建筑群中虽然配置了分布式供能系统，但以内燃机为主，单机功率小、噪音和排放水平较高，而采用燃气轮机技术的主要采用国外产品。“十一五”期间，科技部通过863重点项目和目标导向项目群的支持，开展了适合分布式冷热电系统的100kW和MW级微型燃气轮机的研发，目前已部分掌握了分布式冷热电联产系统及其关键部件核心技术。100kW级微小型燃气轮机发电效率不低于29%。1MW级微小型燃气轮机发电效率不低于27%，基本具备了开展分布式冷热电联产系统工程示范和产业化的技术条件。

### （五） 典型用户及投资效益：

上海浦东国际机场分布式冷热电联供项目于1999年立项，2000年正式投入使用，共

投资3600万元。当发电负荷达到4000kW时，发电成本为0.468元/kWh。

### （六） 推广前景：

面对能源调整的重大战略需求和由此形成的天然气分布式能源巨大市场，我国将大力推进微小型燃气轮机分布式冷热电联产技术与产业的发展。《国家能源“十二五”规划》明确提出了掌握微小型燃气轮机关键技术，实现燃气轮机分布式供能系统装备国产化的目标要求。《关于发展天然气分布式能源的指导意见》也提出通过示范工程应用，当装机规模达到500万kW，解决分布式能源系统集成，装备自主化率达到60%；当装机规模达到1000万kW，基本解决中小型、微型燃气轮机等核心装备自主制造。到2020年，在全国规模以上城市推广使用分布式能源系统，装机规模达到5000万kW，初步实现分布式能源装备产业化。此外，微小型燃气轮机及分布式供能系统已纳入《国家战略性新兴产业规划》中，成为节能环保领域的工作重点之一。同时，随着国家进一步重视城市环境的治理和改善，加强PM2.5的监控，也为天然气分布式供能系统的大规模应用提出了紧迫要求。由此可见，未来我国将进一步加强微小型燃气轮机技术与产业化的引导和支持，实现分布式冷热电联产技术的跨越式发展。

### （七） 投资效益测算

“十二五”期间，推广500万kW电力装机容量的以天然气为主要燃料的燃气轮机分布式冷热电联产系统，每年节能约380万吨标准煤。总投资200亿元。

### （八） 措施建议

1. 制定和完善相关政策与标准。制定发展相关的分布式能源的优惠政策、法规和标准，引导和支持分布式能源技术的应用研究，探索分布式供能系统投资、运营、管理新模式。
2. 建立国家分布式能源工程中心。开展技术交流，探索适宜的冷热电联产技术。

## 九、 基于吸收式换热的新型热电联产集中供热技术

### （一） 适用范围：供热行业

### （二） 技术内容

#### 1. 技术现状

目前我国北方地区总采暖供热建筑面积约80亿 $m^2$ ，每年能耗1.8亿吨标准煤，占全国总能耗的7%，占全国城市建筑能耗的40%。采暖节能是建筑节能工作的重中之重。在供热方式上，以热电联产作为热源的集中供热是各种采暖热源方式中最高效的方式，应该成为我国北方城镇采暖的主要热源形式。然而，由于现有热网的输送能力严重不足、热电联产机组的大量低温余热难以利用、热电联产热源和城市热网夏季利用率较低等原因，我国北方城镇采暖只有约26亿平米的建筑采用热电联产集中供热，仅占目前北方城镇采暖建筑总量的40%。

针对上述问题，2007年我国提出一种基于吸收式循环的热电联产集中供热新技术，应用于目前国内主流的燃煤热电联产机组（200~300MW），可以在不增加燃煤总量和不减少发电量的前提下，使热电联产热源增加产热量30~50%，城市热力管网主干管的输送能力提高60~80%，全面突破目前城市发展热电联产集中供热的瓶颈。因此，这一方式应该是我国北方城镇建筑采暖的主导方式。基于该技术的小型试验工程已经在内蒙古赤峰市建立，拥有自主知识产权的主要设备经过一个采暖季的连续运行，各项技术指标均达到预期效果。

#### 2. 技术原理

基于吸收式换热的新型热电联产集中供热系统主要由4个环节构成。第1个环节即吸收式换热环节是放热过程，实现了一次热网的低温回水；第2、3环节分步回收汽轮机排汽余热；同时，使回水加热过程实现了梯级升温。根据不同集中供热系统运行参数的差异，循环中第2、3环节也可以只保留其中之一。第4环节，在对热负荷进行调峰的同时，可保证吸收式换热环节必要的热网供水温度。

#### 3. 关键技术

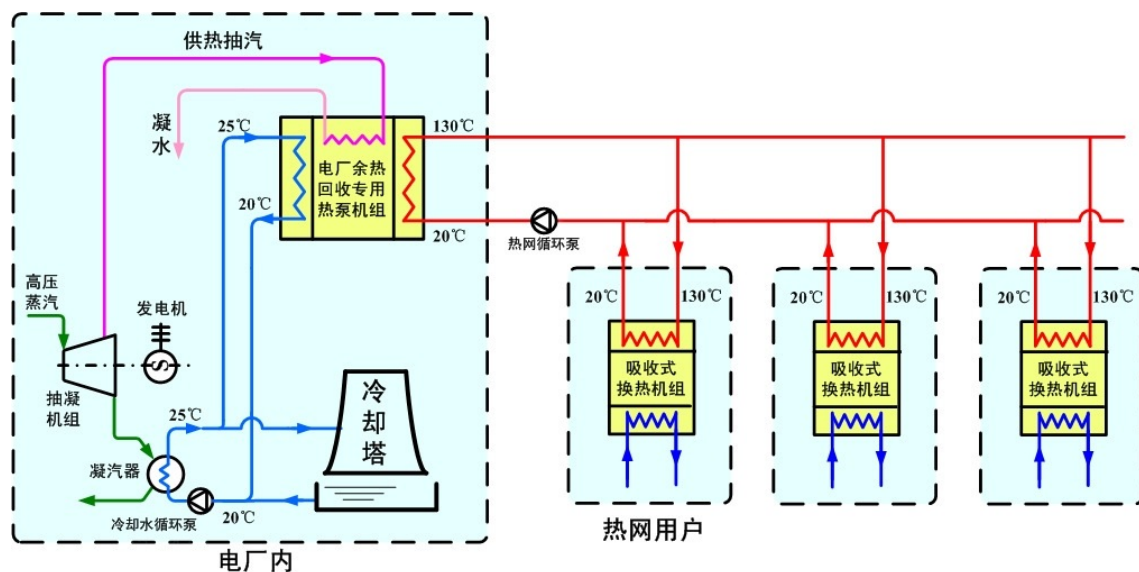
（1）设置于热力站的吸收式换热机组，代替常规水换热器，实现一次网低温回水。

（2）在热电厂内设置电厂余热回收专用吸收式热泵机组，代替常规的汽水换热器，回收凝汽器乏汽余热。



#### 4. 工艺流程

基于吸收式换热的新型热电联产集中供热系统整体工艺流程如图 1 所示。设置于各小区热力站的吸收式换热机组与设置于热电厂供热首站的电厂余热回收专用热泵机组通过一次供热管网连接，一次网供水经各小区热力站的吸收式换热机组后降低至 20℃左右返回电厂首站，再被电厂余热回收专用热泵机组梯级加热至 130℃后供出，如此循环，同时消耗汽轮机采暖抽汽热量，回收汽轮机凝汽器乏汽余热。



工艺流程

#### (三) 主要技术指标

1. 充分回收电厂余热，提高热电厂供热能力 30%以上。
2. 大幅降低热电联产热源综合供热能耗 40%。
3. 可将既有管网输送能力 80%，降低新建管网投资 30%以上。

#### (四) 技术应用情况

2009 年，清华大学建筑节能研究中心与赤峰富龙热力有限责任公司开展的“基于吸收式换热的热电联产集中供热新技术示范项目”通过鉴定。该项技术是世界上首次将吸收式换热新型热泵成功应用于热力站，使一次网供回水温度降低至 25℃左右，项目成果总体达到了国际领先水平。2010 年，华电大同第一热电厂实施了乏汽余热回收利用工程，利用该技术对 2×135MW 热电联产机组进行改造，这是世界上首个“基于吸收式换热热电联产集中供热新技术”的实际应用工程，经过一个采暖季的运行及西安热工研究院检测报告表明：其综合节能率达到 50%，供热能耗降低 50%。目前，该技术已在内蒙赤峰市、山东嘉祥县和河北保定市等地实施了示范工程。示范工程运行结果表明，

设备及系统的运行参数均达到设计要求。

### （五）典型用户及投资效益

1. 北京热力集团有限公司安装电厂余热回收专用热泵机组一套；改造热力站一座，安装吸收式换热机组 2 台；建设热电厂至热力站热力供回水管线一条，供热面积 20 万 m<sup>2</sup>。节能技改投资额 450 万元，建设期 5 个月。每年可节能 2056 吨标准煤，取得节能经济效益 165 万元，投资回收期 3 年。

2. 内蒙古华宁热电有限公司采用六台 25.2MW 吸收式热泵对 2×150MW 机组进行技术改造，增加 100×10<sup>4</sup> m<sup>2</sup> 供热面积，在一个采暖期内可回收利用循环水余热 686012GJ，按照年平均供热标准煤耗 40.7kg/GJ 折算，每年折合标准煤量约 28000t。采用该系统增加的总耗电量为约为 52 万 kwh，同时少发电 220 万 kwh，采暖期发电标准煤耗为 0.308 kg/kwh，折合标准煤量分别为 1500t 和 6700 吨左右，则综合每年可节约标准煤约 20000 万吨，整个项目投资回收期为 7.7 年。

3. 大同第一热电厂对 2×135MW 热电联产机组进行改造。该项目是世界首个“基于吸收式换热的热电联产集中供热新技术”的实际应用工程，在不增加总的燃煤量和不减少发电量的前提下，提高电厂供热能力 49%左右，示范项目包括电厂系统改造和供热管网热力站改造两部分，总共安装两台余热回收机组和 18 台吸收式换热机组，项目总投资 9300 万元，年回收热量 179 万 GJ，相当于锅炉少烧了 7.5 万吨标准煤，该项目投资回收期为 3.5 年。

### （六）推广前景

本技术不仅可以大幅度降低现有供热系统能耗和运行成本，还能有效推动热电联产集中供热系统的进一步普及，并为未来核电站实现远距离供热创造条件。如果在我国北方地区全面推广应用这一技术，可以利用目前热源和管网增加供热面积 11 亿平方米，每年可节能约 2000 万吨标煤。

### （七）投资效益测算

“十二五”期间，推广到 5.0 亿平方米，可节约 300 万吨标准煤，减少电厂循环水蒸发损失 420 万吨。总投资 200 亿元。

### （八）措施建议

1. 税收优惠。对生产吸收式循环热电联产集中供热新技术中关键设备（吸收式换热机组、吸收式热泵机组）的企业予以税收优惠。

2. 量化节能投资的经济效益。鼓励采用合同能源管理等市场机制控制发电和热力企业采用吸收式循环热电联产集中供热的成本和风险，分享节能效益，促进产业化推广。
3. 关键设备标准化。建立关键设备系列化产品技术、安全、试验、生产加工过程中的生产工艺、原材料、配套设备及整机质量检验标准。

## 十、 铝电解槽新型阴极结构及烘焙启动与控制技术

### (一) 适用范围：有色金属行业电解铝企业

### (二) 技术内容

#### 1. 技术现状

我国是世界第一产铝大国，2009年我国铝电解的产量为1284.6万吨，约占世界总产量的1/3。铝电解生产消耗大量电能，我国铝电解耗能占有色金属行业的85%左右，占整个工业耗电的5~6%。近年来，铝电解技术突飞猛进，铝电解槽容量从60年前的60kA发展到现在的500kA，自动化水平和控制技术也得到提高。然而铝电解的电能消耗降低幅度不大，目前我国电解槽直流电耗仍然徘徊在13000~13500kWh/T-Al，能量效率不足50%，与世界领先水平也有一定差距，具有很大的节能潜力。大量研究和实践表明，通过改变电解槽结构实现大幅度降低铝电解电能消耗是一种很好的节能途径。

国内外铝电解节能技术主要包括惰性阳极技术与泄流式铝电解槽技术。新型阴极结构铝电解槽不同于惰性阳极技术与泄流式电解槽技术，该类型电解槽的槽电压为3.75~3.78V，比同系列普通预焙槽平均槽电压低304~350mV，电流效率超过93%，比同系列普通预焙槽电流效率提高了近1.5%，槽内在产铝减少了40%。2008年，我国发明的新型阴极结构铝电解槽高效节能技术首先在重庆天泰铝业3台工业电解槽上试验，直流电耗降至12281 kW·h/t-Al，取得约9%的大幅度节电效果，成为世界上第一个突破12800 kW·h/t-Al直流电耗的铝电解技术。2009年，浙江华东铝业在200kA系列94台电解槽上应用该技术，直流电耗降至12043 kW·h/t-Al，节能达到9.5%。

我国自主开发并拥有自主知识产权的铝电解槽新型阴极结构技术是铝电解发展史上的一次重大技术创新，该技术的推广应用将使我国铝电解生产技术和能耗指标位居世界领先水平，具有重大推广价值。

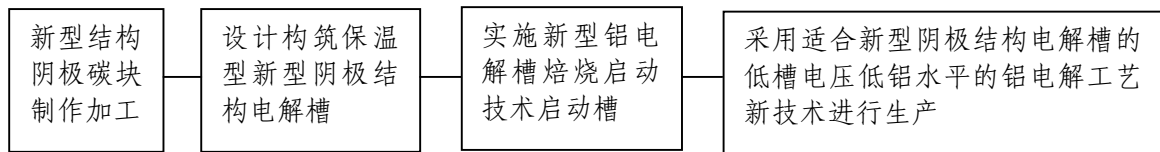
#### 2. 技术原理

电解铝生产采用熔盐电解法，即将氧化铝、冰晶石、氟化铝等加入电解槽中，在直流电作用下，电解质在电解槽内发生电化学反应，在阴极上析出铝液，阳极上析出CO<sub>2</sub>和CO，铝液用真空抬包抽出铸造成铝锭，阳极逐渐消耗定期更换。采用铝电解槽新型阴极技术，将现行电解槽的阴极结构改变为新型的电解槽阴极结构和内衬结构，达到减少铝液波动，提高阴极铝液面稳定性，提高电流效率，降低槽电压和节能的目的。

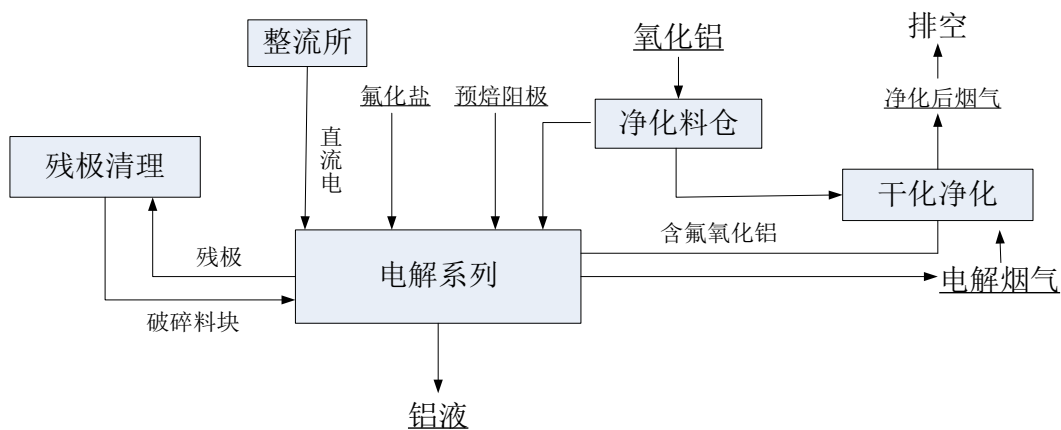
### 3. 关键技术

(1) 新型阴极结构电解槽。这种电解槽阴极碳块的总体高度高于现行电解槽的阴极结构，从而使阴极碳块具有比传统电解阴极碳块更好地抵抗槽底隆起的功能。这种电解槽的阴极结构除了能减少阴极铝液面的波动和提高阴极铝液面的稳定性外，还可使阴极碳块表面上两个竖起体之间，并与碳块底表面相接触的阴极铝液形成小循环，减少阴极破损,提高电解槽寿命的作用。

(2) 焙烧电加热控制系统。当加热器接通电源后，发热元件即将电能转化为热能，使工件温度上升，温度变送器即将温度以此毫伏信号输入电子调节仪、及温度记录仪内，传递给电子调节仪的信号与设定温度值比较后指示机构执行“导通”、“截止”动作，当温度达到设定值时，电子调节仪的输出触点动作，使可控硅截止，反之则导通，从而完成热处理过程中的温度控制，传递给温度记录仪的信号，有记录仪处理后直接在记录仪中打印，从而将整个热处理过程记号记录下来。该系统可将电解槽内温度从常温提升到 700 ~ 800℃。



工艺流程



铝电

#### 解槽新型阴极结构及烘焙启动与控制技术实施案例

### (三) 主要技术指标

槽电压降低大于 0.3V，电流效率提高大于 1%，电耗降低大于 1100kWh/T-Al。

#### （四）技术应用情况

1. 2010年，浙江华东铝业股份有限公司和东北大学共同完成的经国家发展与改革委员会下达的“新型阴极结构铝电解槽系列生产工艺系统重大节电示范工程”通过了技术鉴定，该技术达到国际领先水平，在浙江华东铝业首批63台200kA铝电解槽的应用表明，吨铝节电达到1100kWh/t-Al。

2. 重庆天泰铝业公司新型阴极结构铝电解槽技术168kA铝电解槽系列上进行工业试验，槽电压与对比电解槽相比降低0.3V，达到3.78V，电流效率平均提高1.3%，吨铝节电1100kWh/t-Al，节能效果十分显著。目前天泰铝业已改造30多台电解槽，华东铝业已改造94台电解槽，并正在河南浙川铝业、湖南创元铝业、宁夏青铜峡铝业公司等企业推广应用。

3. 中国铝业兰州分公司新型湿法焙烧启动技术350kA电解系列，共有80台350kA电解槽使用此技术。运行结果表明：电解槽焙烧时间由原来的72~96h缩短到48h，电解槽工作电压由原来的3~4周转入正常缩短到1周左右。电解槽在焙烧期间阴极升温速度快且平稳，阳极、阴极电流分布均匀，电解槽启动后运行平稳，节省了能源和人力成本。该技术还应用于华鹭铝业、遵义铝业、华泽铝业等企业，效果良好。

#### （五）典型用户及投资效益

典型用户：中国铝业兰州分公司、重庆天泰铝业公司、青铜峡铝业集团有限公司350kA系列、浙江华东铝业股份有限公司、河南浙川铝业（集团）有限公司、河南神火集团有限公司、湖南创元铝业公司

1. 中国铝业兰州分公司。主要技改内容：采用新型湿法焙烧启动技术改造80台350kA电解槽。相对于传统的焙烧启动技术，每台电解槽平均可节电8万kWh，折合28吨标准煤，全系列启动一次节能6384吨标准煤。每台350kA电解槽在焙烧启动期间可创造节能经济效益5.2万元，对于一个标准的288台350kA电解槽系列来说，可创造节能经济效益1500万元。

2. 重庆天泰铝业公司。建设规模：年产6万吨170kA新型阴极结构铝电解系列。主要技改内容：①新型阴极电解槽阴极碳块制作与加工；②阴极结构改造；③电解槽内衬结构改造；④焙烧方法的技术升级；⑤电解槽工艺与操作技术的改造；⑥电解槽控制系统升级改造。节能技改投资额11300万元，建设期6个月，按节电1100kWh/T-Al计，年可节电6600万kWh，折合2.31万吨标准煤/a；节煤3000t/a。按电价0.45元/kWh计

算，年节电经济效益 3000 万元，投资回收期 3.8 年。

3. 浙江华东铝业。建设规模：年产 15 万吨新型阴极结构铝电解系列。主要技改内容：在原 200kA、240kA 电解系列上进行新型阴极结构高效节能铝电解槽技术改造。① 新型阴极电解槽阴极碳块制作与加工；② 阴极结构改造；③ 电解槽内衬结构改造；④ 焙烧方法的技术升级；⑤ 电解槽工艺与操作技术的改造；⑥ 电解槽控制系统升级改造。节能技改投资额 40000 万元，建设期 6 个月。按节电 1100kWh/T-Al 计，年可节电 16500 万 kWh，折合 5.78 万吨标准煤。按电价 0.45 元/kWh 计算，年节电经济效益 7425 万元，投资回收期 5.4 年。

### （六） 推广前景

新型阴极结构电解槽技术已成熟，可在全国铝厂推广应用。如果我国目前电解铝生产全部应用该技术，在现有的电耗基础上，降低 1000kWh/t.Al，按目前电解铝年产量 1500 万吨计，则每年可节电 150 亿 kWh，电价按 0.4 元/kWh 计，每年经济效益 60 亿元；可节标准煤 525 万吨，社会效益十分巨大。

### （七） 投资效益测算

到 2015 年若在全国 50% 以上的铝电解系列推广使用该技术，按照铝产量 1000 万 t/a，吨铝节电 500~800kWh/T-Al 计，可节电 60 亿 kWh/a，折合 210 万吨标准煤/a。总投资 145 亿元。

### （八） 措施建议

1. 优先审批。新型阴极结构电解槽技术成熟可靠，已具备大规模推广条件，建议国家发改委和能源局给予项目建设优先审批。
2. 加强关键零部件（阴极）的技术攻关，提高部件质量水平及使用寿命，为大规模产业化推广奠定基础。
3. 加强操作人员技术培训，研发自动化安装技术，减少人为变差。

## 十一、氧阴极低槽电压离子膜法电解技术

### (一) 适用范围：化工行业氯碱生产

### (二) 技术内容：

#### 1. 技术现状

20世纪80年代，美国Eletech Systems公司开始利用燃料电池气体扩散电极的原理来制备氧阴极型离子膜电解槽，但由于关键技术没有突破，这项技术并没有被应用于实际生产中。

德国拜耳公司和意大利迪诺拉公司一直致力于联合开发氧阴极技术，并得到了可应用的技术背景。拜耳公司的核心技术为采用以碳布为载体轧制催化层和气体扩散层的方法制备氧阴极。但由于碳布负载的催化层和气体扩散层没有直接和电流收集器连接在一起，导致氧阴极的强度下降，影响了该技术在实际生产中的应用。

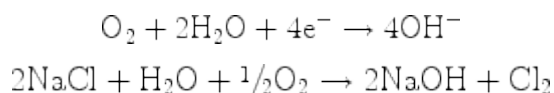
日本10年前由日本碱工业协会出面联合高校及主要的离子膜电解槽生产厂商开始启动了氧阴极离子膜电解槽的研发工作。其技术特点为通过热压方式对催化层、气体扩散层及电流收集器进行组装。通过这个方法制备的氧阴极具有较好的催化效果及强度，应用前景良好。目前该项目正处于中试研究阶段，预计会在近1-2年内推向市场。

我国从20世纪90年代开始氧阴极制备技术的研发工作，但由于在制备电极的原材料的选取及加工装置等方面存在一些问题，有关氧阴极的关键制备技术依然没有质的突破。2008年1月开始，蓝星(北京)化工机械有限公司与北京化工大学合作，至2010年4月，已顺利完成200 t/a氧阴极小试，实现氧阴极电极材料制备及电极组装技术的阶段性成果，获得装载氧阴极的小型离子膜电解槽的制备技术，运行电流密度为3 kA/m<sup>2</sup>，平均槽电压为2.0 V。2009年10月，蓝星(北京)化工机械有限公司与德国拜耳公司签署合作协议，加速氧阴极离子膜电解槽工业化进程。

#### 2. 技术原理

氯气是化学品制造中使用最广泛的原料之一。从氯碱行业到塑料、医药行业，生产过程中都使用氯气。用传统的离子膜法生产氯需要消耗大量电能，其电能成本的消耗在氯气生产总成本中约占50%。其电能主要消耗在目前氯碱工业的核心装备——离子膜电解槽上。氧气去极化阴极技术（简称ODC技术）能使离子膜电解装置在更低电压环境下工作，只生产烧碱（NaOH）和氯气，不再产生氢气。





由上述反应可见，氧阴极电解槽在阴极只产生NaOH而不产生H<sub>2</sub>，而传统电解槽在阴极既产生NaOH又产生H<sub>2</sub>。因此从理论上讲，氧阴极过程要比氢阴极过程的理论分解电压低1.229 V，也就是说，由于改变了阴极的反应过程，电解电耗可以大幅度降低。

氧阴极电解槽中使用的离子膜及阳极与普通离子膜电解槽相同，不同之处在于阴极的结构。氧阴极由3层组成：

- (1) 多孔质聚四氟乙烯层，能透过空气而阻止溶液的渗入；
- (2) 催化层，含有多孔质碳、铂催化剂及聚四氟乙烯的复合层；
- (3) 导电层，采用镀银的镍网，其镍丝直径约为0.5 mm。

将以上3层压合在一起，厚度为1 mm左右，即可作为氧阴极来使用。

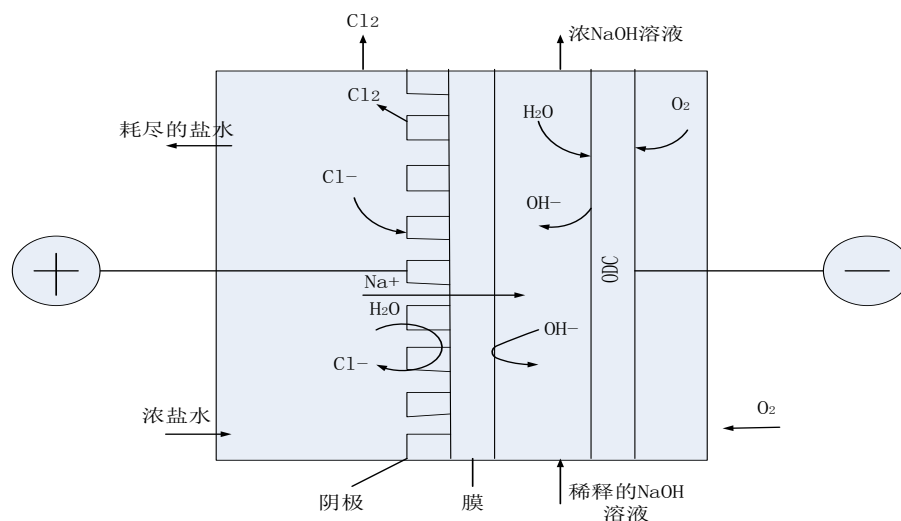


图1 氧阴极低槽电压离子膜法电解技术原理图

### 3. 关键技术

关键技术是气相扩散电极。其需满足以下条件：

- (1) 在 80-90 °C NaOH 溶液中具有高的化学稳定性；
- (2) 大面积使用时具有高的机械稳定性；
- (3) 厚度应很薄，但具有高的导电性；
- (4) 高的比表面积，多孔结构利于三相充分接触；
- (5) 有合适的亲水性与憎水性。能承受不同的碱液侧与氧气侧压差；
- (6) 长时间的稳定性。

### 3. 工艺流程

氧去极化阴极在氯碱电解中的应用系燃料电池过程的整合：阴极半壳还原氧而非生成氢气。工艺流程分为四大工序，即电解工序、盐水二次精炼工序、淡盐水脱氯工序以及除害工序。

#### （三） 主要技术指标

目前国内烧碱工艺大致分为隔膜法和离子膜法，氧阴极技术是近年来发展起来的一项新型离子膜电解技术。普通离子膜法电解制烧碱技术，吨碱能耗 2300kWh，采用氧阴极技术制烧碱，吨碱电耗为 1600 kWh。吨碱降低电耗约 700 kWh。采用氧阴极技术，比现行的普通阴极（镍网+活性涂层）的电极电位降低了 1.2 V 左右，在相同电流密度的运行条件下，可以在理论上达到 30%以上的节能效果。

#### （四） 技术应用情况

目前国外尚未有氧阴极技术大规模应用的报道。国内方面，2010年，采用由BayerMS 等公司联合开发的氧阴极技术的盐酸制氯气工业化装置已在上海化工园区建设。此外，中国化工农化总公司沧州大化黄骅氯碱有限责任公司已经开始对一条生产线进行氧阴极离子膜技术改造。湖北也有一条新建12万吨烧碱生产线采用该技术。从目前的评价来看，可望在2012年将氧阴极离子膜电解槽推向市场。

#### （五） 典型用户及投资效益

中国化工农化总公司沧州大化黄骅氯碱有限责任公司。公司已经在进行装置生产线的更新换代设计改造，将建成一条年产 20 万吨烧碱（联产 17.8 万吨氯气）的氧阴极离子膜烧碱工业化生产线，实施后的节电能力可按每吨烧碱 600kWh 来计算，可节电 1.2 亿度，折合标准煤 4.32 万吨。按照工业用电每度 0.6 元人民币计算，扣除因工艺改变不副产氢气的效益，每年增效 4000 万元人民币。

#### （六） 推广前景

氧阴极离子膜电解槽只产氯气和烧碱，不产生氢气，而氢气的用途极为广泛。离子膜电解系统自身消耗的高纯酸和其他行业用的合成盐酸都是由氯碱产生的氯气和氢气合成所得。另外，多晶硅、红宝石、双氧水和加氢产品等也消耗氢气。压缩氢也有广泛的用途。因此，传统离子膜电解槽不能全部改为氧阴极离子膜电解槽，只能按照氢气量进行平衡，将部分传统离子膜电解槽改为氧阴极离子膜电解槽。就技术发展趋势而言，目前氯碱行业已经达成共识，非常看好此技术的应用前景。

2010年，我国烧碱产量达到2087万吨，产能达到3021万吨/年。预计到2015年将达到3400万吨/年，到2020年将达到4000万吨/年。预计“十二五”末期，氧阴极低槽电压离子膜法电解制烧碱技术推广产能为200万吨，形成的节电能力12亿kWh，折合标准煤约40万吨，实现CO<sub>2</sub>减排能力100万吨。该技术大规模产业化后，如果实现对2020年产能的20%利用该技术进行改造，可形成的节能能力约为160万吨标准煤，实现CO<sub>2</sub>减排能力384万吨。

### **（七） 投资效益测算**

综合考虑既有产能技术改造和新增产能直接采用该技术的投资需求，按照吨烧碱平均增加投资额3000元计算，“十二五”期间，在200万吨烧碱产能上推广该技术的总投资额为60亿元，形成节电能力12亿kWh，折合标准煤约40万吨。

### **（八） 政策建议**

1. 加大技术研发支持力度，尽快实现核心技术国产化，提高技术经济性。
2. 完成技术扩大试验（大规模适用），提高技术成熟度，扩大技术适用范围，为技术产业化奠定基础。
3. 组织应用示范。对采取氧阴极离子膜电解槽技术的节能改造项目给予支持。

## 十二、新型高效煤粉锅炉系统技术

(一) 适用范围：化工、建筑、商业及民用等领域供暖或供汽

(二) 技术内容

### 1. 技术现状

中小容量煤粉工业锅炉是发达国家上世纪90年代中后期的成熟产品，尤其在德国、法国得到广泛应用。燃煤是预先加工好的煤粉或混煤，热力公司在不同区域设立燃料加工配送站，以特制罐车密闭送往用户，燃烧后的飞灰及烟囱凝结水也由热力公司进行密闭收集并集中处理。锅炉运行时，煤与石灰石粉混合后在较低温度下进行空气分级燃烧，脱硫、脱氮效果好；尾部采用先进的布袋式除尘器，除尘效率高。锅炉自动控制系统十分完备，几乎不需要人工操作。德国煤粉工业锅炉经过20多年的发展，已经完全实现产业(商业)化，且形成众多技术标准：如用煤标准、储存罐标准、供料器标准、燃烧器标准、锅炉本体标准及自控标准等等。德国煤粉工业锅炉的关键技术是小型高效全密闭制粉技术、安全储存技术、精确供粉技术、空气分级燃烧器技术、“异型”大炉膛锅壳式火管锅炉本体制造技术和自动控制技术。

国内一些科研单位和企业早在20世纪70年代就曾开发过传统煤粉工业锅炉应用技术，但由于当时条件局限，配套技术和专用装备(如煤粉高效制备、自动控制系统、锅炉体积及布袋除尘器等)落后，因此未取得实质性进展。进入20世纪90年代，煤粉工业锅炉的研究应用有了初步发展。如PW型旋流式小型煤粉燃烧器，CWNS型锅壳式煤粉锅炉等都有应用，但是这些技术都存在一些难以解决的问题，如热损失高，炉内结渣等。近几年，在国家科技支撑计划、863计划等支持下，我国新型高效煤粉工业锅炉的研究上取得了突破型进展。具有完全自主知识产权的新型高效煤粉工业锅炉已经推向市场。

### 2. 技术原理

高效煤粉工业锅炉系统主要包括煤粉接受和储供子系统、燃烧器子系统、测控子系统、锅炉本体子系统、布袋除尘器子系统、热力子系统以及其它辅助设备。来自煤粉加工厂的密闭罐车将符合质量标准的煤粉密相注入煤粉塔，塔内完成气固相分离，输送气由布袋除尘器洁净后排入大气，煤粉靠自重落入储存罐。储存罐内的煤粉按需通过气动装置及卸料阀卸入中间仓，中间仓内的煤粉经计量后，由供料器总成及风粉混合管道稀相气力输送进入煤粉燃烧器。燃烧系统采用平衡通风模式(也可采用正压模式)：输送风为一次风，二、三助燃风由鼓风机通过单独通道送入燃烧器。燃烧器和锅炉炉膛完

成煤粉燃烧。燃烧产生的高温烟气在炉膛内与工质完成辐射换热，在烟气通道内与工质完成对流换热。换热完成后约 $150 \sim 170 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温烟气进入布袋除尘器，经除尘器滤袋过滤后的洁净烟气由引风机排入大气，除尘器底部收集的飞灰经密闭混浆系统洁净排出，集中处理和利用。锅炉系统的运行由点火程序器、控制工程组态软件和上位计算机系统共同完成，原理如图1所示。

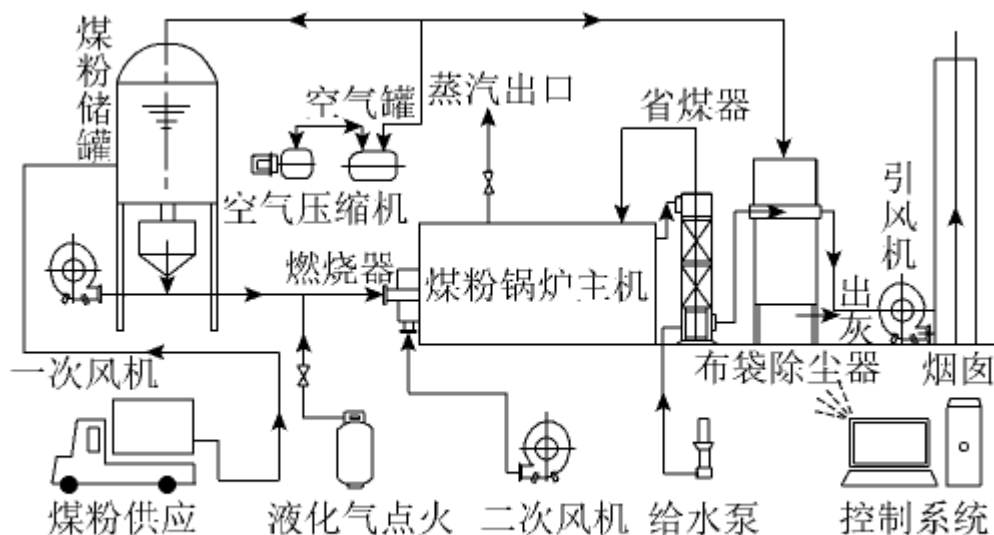


图1 高效煤粉工业锅炉系统

### 3. 关键技术

(1) 全密闭高效炉前制粉技术(分散式用户采用罐车与煤粉塔无缝对接完成密闭供粉)，保障煤粉供给。

(2) 无脉动稳定供粉技术，减少炉压波动，优化燃烧环境，提高燃烧工况与燃烧率。

(3) 空气分级全旋流低氮燃烧器，避免局部高温，减少  $\text{NO}_x$  和  $\text{SO}_2$  的析出与排放。

(4) 专用无积灰锅壳式锅炉和 D 式锅炉，完成燃料充分燃烧与换热；锅炉本体配置强大的空气炮吹灰系统，结合良好的空气动力场设计，避免换热面积灰，实现锅炉自清洁功能。

(5) 烟道干法脱硫技术，降低烟气  $\text{SO}_2$  排放量。

(6) 专用高效的布袋除尘器，有效控制烟气中烟尘的排放。

(7) PLC 结合上位机的自动控制系统实现锅炉的在线监控、记录与报警功能，使系统始终处于高效、安全的运行状态。

#### 4. 工艺流程

按照供粉形式的不同，高效煤粉锅炉系统工艺可分为两种：

(1) 集中供粉式流程主要包括受（储）粉、供粉、燃烧及换热、除尘及自动控制等。来自制粉厂的密闭罐车与煤粉罐对接，就符合标准的煤粉加注入煤粉罐，煤粉罐中的煤粉按需进入中分粉仓后由供热器及风粉管道输入燃烧器。

(2) 炉前制粉式流程主要包括备煤、制粉、供粉、燃烧及换热、除尘及自动控制等。自（干）煤库运来的原煤经破碎机破碎后如磨煤机磨制，合格的煤粉进入缓冲中间粉仓。其余各单元与集中供粉式一致。

#### （三） 主要技术指标

- (1) 燃烧效率 $\geq 95\%$
- (2) 锅炉热效率 $\geq 85\%$
- (3) 烟尘排放 $\leq 30\text{mg}/\text{Nm}^3$
- (4) 炉内脱硫率 40~70%
- (5)  $\text{NO}_x$  排放 $\leq 500 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

与传统链条炉排锅炉相比，高效煤粉工业锅炉具有如下优势：

- (1) 煤粉集中供应：煤粉由制粉厂集中磨制、统一供应，煤粉质量稳定。
- (2) 工作环境友好：全系统密闭运行，自动上煤、集中排灰、无粉尘跑冒。
- (3) 锅炉启停简单：锅炉系统可实现即开即停，30秒切断点火源进入正常运行；切断煤粉供给即可实现停炉。
- (4) 测控水平较高：自动监控、调整运行参数，使系统处于最佳运行状态；同时降低了劳动强度以及人为因素对锅炉运行的影响。
- (5) 高效节能：煤粉燃烧充分、锅炉换热效果好、空气过剩系数小，系统热效率高；对功率较大的用电设备配备变频器，节电效果明显。
- (6) 洁净排放：煤粉锅炉可实施炉内脱硫，燃烧器采用低温空气分级设计，燃烧温度场均匀，避免局部高温，燃烧过程产生的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  含量低；烟气采用布袋除尘，烟尘排放浓度低；布袋除尘器收集的飞灰经密闭系统排出，去集中处理和利用，无二次污染。
- (7) 节约用地：取消锅炉房边堆煤场与渣场，节约用地与投资。
- (8) 性价比高：运行费用低廉，可在较短的时间内收回设备投资。

#### （四） 技术应用情况

“十一五”期间，在国家科技攻关、科技支撑等国家重点项目的支撑下，我国成功研制出具有自主知识产权的 1t/h-40t/h 高效煤粉工业锅炉系统成套技术及装备，并在天津、山西、山东、安徽、江苏、浙江、广西、辽宁、内蒙古等省市共完成 60 台（套）、约 500 蒸吨的配套示范规模，锅炉实际运行热效率分布于 88%~92%，能源效率提高 15-30%，节煤率提高 30%以上，节电率 20%左右，而且启停快，操作简单、自动控制系统完备。目前该技术已经在渤海湾（山东、天津）、长三角（江苏、浙江、安徽）、珠三角（广东、广西）等地完成的示范点布置，为下一步工业煤粉锅炉走向产品化、市场化奠定了基础。

### （五）典型用户及投资效益

典型用户：山西太原市道场沟小区、山西忻州师范学院

（1）山西忻州师范学院。建设规模：供热面积 290000m<sup>2</sup>，改造后的煤粉锅炉房系统主要用于冬季供暖。主要技改内容：将小区锅炉房原有 2 台 5.6MW 往复炉排锅炉和 1 台 7.0MW 链条锅炉（运行效率约为 65%左右）改造成 3 台 7MW 高效煤粉锅炉。主要设备为煤粉储罐、燃烧器、锅炉本体、除尘器、自控系统。节能技改投资额 870 万元，建设期 70 天。每年可节煤 2550tce/150 天采暖期（节煤率 25%），节电 85700 度/150 天采暖期（节电率 13.2%），年节能经济效益 232.1 万元/150 天采暖期，投资回收期 3.8 年。

（2）山西太原市道场沟小区。建设规模：供热面积 190000 m<sup>2</sup>。主要技改内容：将小区原有锅炉 2×4.2MW、2×2.8MW 和 3×1.4MW 改造成 1 台 14MW 高效煤粉锅炉。原有锅炉平均运行效率约 60%，主要设备为煤粉储罐、燃烧器、锅炉本体、除尘器、自控系统。节能技改投资额 540 万元，建设期 80 天，每年节煤量 2264tce/150 天采暖期（节煤率 31%），节电 67200 度/150 天采暖期（节电率 19.2%），取得节能经济效益 206.1 万元/150 天采暖期，投资回收期 2.6 年。

（3）山西大同地区供热锅炉改造。

表 1 大同地区煤粉工业锅炉实际应用情况分析

用户	锅炉规模 /MW	供热面积/万 m <sup>2</sup>	2006-2007 年采暖期（燃煤锅炉）		2007-2008 年采暖期（煤粉锅炉）		节煤率%	节电率%
			燃煤/t	电费/万元	燃煤/t	电费/万元		
1	2×4.2	6.0	3800	20.6	1327.4	16.7	65.1	11.8
2	2×2.8	4.1	1800	6.1	976.4	9.2	45.8	-49.8
3	2×2.8	3.9	1600	7.2	718.8	5.8	55.1	19.3
4	1×4.2	3.0	1100	4.5	683.0	5.4	37.9	-20.0
5	1×4.2	3.0	1100	5.0	372.6	3.2	66.1	36.0
6	1×2.8	1.4	800	3.0	308.5	5.0	61.4	-66.7

7	1×2.8	1.0	450	3.7	388.2	4.0	13.7	-8.1
8	2×1.4	1.4	800	6.0	326.3	3.8	59.2	36.6
9	1×1.4	0.4	170	0.5	87.9	2.0	48.3	-300.0
10	1×1.4	0.6	700	6.5	143.5	8.0	79.5	-23.1
11	2×1.4	1.2	800	5.0	230.4	6.5	71.2	-30.0

## （六） 推广前景

我国燃煤工业锅炉保有量大，广泛应用于多个领域。目前，全国在用工业锅炉60万台，总容量达168万MW，年消耗煤炭6.4亿吨，约4亿吨标准煤。在工业锅炉中，容量在14MW以下的约占80%，24.5MW以上的不足2%。其中燃煤锅炉约48万台，容量150万MW。绝大多数燃煤工业锅炉还是采用技术相对落后的链条炉排锅炉，锅炉效率普遍偏低，平均运行效率仅为60-65%，比国外先进水平低15-20个百分点，节能潜力巨大。另外由于工业锅炉排放大量烟尘以及SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>等污染物，成为我国大气主要煤烟型污染源之一。我国工业锅炉的污染物排约为：烟尘排放：280万t/a；SO<sub>2</sub>：900万t/a；CO<sub>2</sub>：12.5亿t/a。

高效煤粉锅炉运行效率可达85%以上，比传统锅炉节煤30%以上。推过产业化示范，在“十二五”期间，将10%的燃煤工业锅炉改造为高效煤粉工业锅炉，则可形成年节能能力800万tce，减少二氧化碳排放2600万t；若到2020年这一比例提高到30%，则可节能近2400万tce，减少二氧化碳排放8400万t。

## （七） 投资效益测算

按照10t/h投资额250-350万元计算，如果“十二五”期间推广比例达到10%，则需要投资350亿元。

节能能力800万吨标准煤。

## （八） 政策建议

1. 建立明确的工业锅炉行业节能减排管理、监督机制。
2. 建立淘汰落后工业锅炉的淘汰机制。
3. 尽快完成引领工业锅炉技术进步的相关标准的制定和修订工作。



### 十三、塑料注射成型伺服驱动与控制技术

(一) 适用范围：注塑机行业，合模力 400 ~ 80000kN 注塑机

(二) 技术内容：

#### 1. 技术现状

在国外，主流液压注塑机采用异步电机驱动变量泵与电液比例阀或伺服阀相结合的技术，国际先进技术的关键是以提高注塑机成型制品精度（包括制品尺寸精度和重量重复精度），虽然减少了无功能耗，但效果并不明显，能耗水平大致与国产主流注塑机相当。

在日本，近几年将伺服电机应用于全电动注塑机上（无液压系统），与液压注塑机相比，平均能耗降低 50%以上，但由于其采用的多组伺服电机、滚珠丝杠、减速机构、正时传动带等关键零件价格极其昂贵，整机成本成倍增加，制品价格大幅上升，仅局限于如半导体零件、计算机、IT 产品、光学镜片、液晶导光板、IC 卡、电子材料等精密塑料制品的成型加工，应用范围具有极大的局限性，市场占有率很小，无法取代液压式注塑机的市场主导地位。

我国注塑机生产企业主要集中在浙江和广东，其中宁波的北仑区已被国家科学技术部火炬高技术产业开发中心批准为“国家火炬计划北仑注塑机产业基地”。部分龙头企业已掌握伺服式注塑机节能技术，并获得相关技术的专利授权，产品已通过国家塑料机械产品质量监督检验中心检测鉴定，相比国外产品具有一定的技术和成本优势。

#### 2. 技术原理

应用伺服电机驱动定量泵及控制技术，精确、快速地控制伺服电机的转速和扭矩，实现液压系统压力和流量双闭环控制，使伺服电机运行功率与负载需求功率完好匹配，达到大幅节能效果。

流量控制原理:当压力传感器检测到的压力小于压力设定值时，伺服驱动器控制伺服电机的转速，使泵的输出流量保持在设定值。

压力控制原理:当压力传感器检测到的压力达到设定值时，伺服驱动器控制伺服电机的扭矩，使泵的输出压力保持在设定值。

#### 3. 关键技术

注塑机专用交流伺服系统，包括交流伺服电机、编码器、驱动器、专用控制技术及专用液压控制技术。

#### 4. 工艺流程

应用伺服电机驱动定量泵控制技术，精确、快速地控制伺服电机的转速和扭矩，实现液压系统压力和流量双闭环控制，使伺服电机运行功率与负载需求功率完好匹配，达到大幅节能效果，同时还省去了常规液压系统中压力控制阀、流量控制阀、变量泵等液压元件。其原理如下：

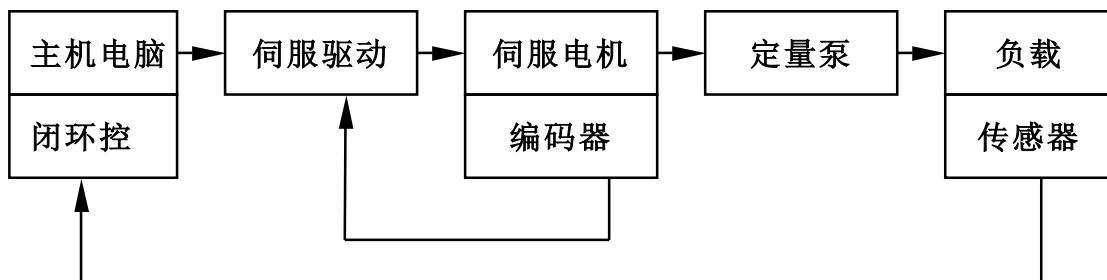


图1 伺服节能注塑机比例伺服控制模式图

负载端的压力传感器把负载信号反馈给主机电脑，由主机电脑判断负载大小，伺服驱动器接受主机电脑发出的速度、位置、力矩、方向和加速度等信号并进行分析比较和计算，给伺服电机提供相应电流，编码器测量伺服电机的精确位置把速度信号反馈给伺服驱动器，伺服驱动器对设定信息值和实际信息值进行比较，重新输出合适的电流给伺服电机，精确控制伺服电机输出转速和扭矩，达到控制液压系统合适压力和液压油泵输出合适流量的目的，实现压力与流量双闭环控制，使伺服电机运行功率与注塑机需求功率完好匹配。

#### （三） 主要技术指标：

与传统液压式塑料注射成型装备相比，不再产生因液压系统压力、流量调节造成的大量无功能耗，针对不同制品原料和几何特征，项目产品平均能耗下降 50%以上；制品成型周期更短，生产效率提高 25%，制品精度提高近 30%。

表 1 实际测试比较

类型	制品原料	制品重量	制品名称	产量 (个/小时)	合格率	时耗能	单品耗能	能耗等级	测试时间
120T伺服油泵注塑机	ABS	37g	塑壳体前后盖	133	100%	2度	0.00041Kw-h/g	2	24小时
120T变量泵注塑机				85	90%	4.6度	0.0015Kwh/g	6	

#### （1）节能

注塑机闭环伺服控制系统的核心在于：根据制品生产过程中的实际需要，准确、快

速提供相应的流量和压力，实现按需供油，完全杜绝溢流损耗。这就满足了塑料成型快速、精密、节能的要求。

#### (2) 精密

压力控制精度：先进、可靠的 PID 算法使系统压力波动范围小于  $\pm 0.5\text{bar}$ ，确保制品的高品质。

系统精度：射胶终点位置精度可达  $0.1\text{mm}$ ，油泵的重复重量精度可达  $0.15\%$ ，减少次品率。

#### (3) 响应快

“0~最大压力输出量”响应时间：最短  $20\text{ms}$ ；“0~最大流量输出量”响应时间：最短  $30\text{ms}$ 。

伺服电机的高转速可以快速增加油泵输出量，提高系统速度，带来极高的生产效率。

#### (4) 省油

液压用的油，温升稳定，既可以节约用油，也可以延长液压部分元件的使用寿命。

#### (5) 生产性比较

表 2 几种控制方式的比较

对比项目	控制方式	恒速定量泵系统	变频控制定量泵系统	普通变量泵系统	电液混合伺服控制系统
能耗		高	较低	中	低
制品精度		低	低	中	高
响应速度		中	慢	较慢	快

#### (四) 技术应用情况：

该技术已经在部分企业实施应用，节能效果良好。

#### (五) 典型用户及投资效益：

典型用户：厦门豪盛塑料制品有限公司、浙江正泰电器股份有限公司、合兴集团有限公司、山东威高集团医用高分子制品股份有限公司、上海新意达塑料托盘有限公司等

#### (六) 推广前景：

传统液压式塑料注射成型机广泛采用异步电机驱动定量泵与电液比例阀相结合的技术，由于定量泵输出恒定流量导致大量无功能耗，能耗很高。注塑机伺服节能技术不仅适合目前中国年产 10 多万台注塑机的需求，而且也适合目前国内 80 多万台注塑机保有量的技术改造，本项目目标是伺服节能技术完全能应用于年产 10 多万台注塑机和改

造 80 多万台注塑机保有量。注塑机主要应于在塑料加工和橡胶加工制品业，2010 年，塑料橡胶加工制品业年耗电量在 863 亿千瓦时左右，其中电机耗电占到其耗电量的 80%。2010 年该技术推广比例 10%，节电率 50%，实现节电 34 亿千瓦时。

若“十二五”期间，行业内存量部分此技术推广到 20%，节电率 50%，形成节电能力为 34 亿千瓦时，预计 2015 年，塑料橡胶加工制品业年耗电在 1300 亿千瓦时左右，若新增部分应用此技术比例为 40%，形成节电能力为 66 亿千瓦时。考虑到此技术在增量与存量部分的推广，到 2015 年末，全行业推广比例到 30%左右，形成节电能力为 100 亿千瓦时，形成减排二氧化碳能力为 450 万吨。折合标准煤 330 万吨。

### **（七） 投资效益测算**

按照“十二五”期间在存量部分推广到 20%，新增注塑机中推广到 40%，平均每台注塑机改造费用 6 万元测算，需投资 168 亿元，形成节电能力 100 亿千瓦时，折合 330 万吨标准煤。

### **（八） 政策建议**

1. 对伺服驱动注塑机生产企业给予增值税先征后退优惠政策，或对伺服节能型注塑机制造、研发、技术改造给予专项补贴。
2. 给予采购节能伺服节能型注塑机的直接用户按配套电机功率补助。
3. 尽快建立产品技术标准、节能标准、测试标准和测试规范，形成产品选型、性能评估、质量检测等一系列标准，以利于技术推广应用。

## 十四、循环水系统节能技术

(一) 适用范围：化工、冶炼、轻纺等行业有重力势能可利用的机械通风式冷却塔的改造

### (二) 技术内容：

#### 1. 技术现状

目前国外尚未有水动风机冷却塔技术方面相关报道。我国开展水动风机冷却塔技术研究已有十余年。第一代水动风机冷却塔在设计、生产、安装方面都比较粗放，绝大部分是冷却塔用户和生产单位自发地生产、应用，缺乏理论支持。第一代专用水轮机无论是其结构还是性能均不理想，存在效率低、噪音大、振动大等问题。第二代水动风机冷却塔技术在更多高等院校和科研机构的参与研究下，解决了第一代技术中的诸多问题。我国目前的水动风机属于混流式水轮机。

#### 2. 技术原理

冷却塔是一种水循环冷却换热设备，利用水和空气的接触，通过蒸发作用来散去工业中产生的废热。

我国传统的冷却塔属于机械通风式，不同流量的冷却塔需配置不同规格的风机和电机，工作流量越大所需的电机功率也越大；并且只要冷却系统在正常工作，无论实际工作流量大小如何，电机都将驱动风机旋转，以获得需要的冷却效果；另外，循环水泵系统因严重汽蚀或多年失修而效率低下，风、水、热交换介质三者未能很好匹配等因素也直接导致了冷却塔冷却效果的降低和能耗的增加。同时，传统冷却塔在选型时为保证系统具有足够的冷却效果，这种冷却塔会在原合理指标的基础上各系统放大 20% 左右的余量，造成了能源的浪费。

冷却塔一般具有一定的富余水头（4~15m），水动风机冷却塔用混流式高效水轮机技术利用冷却塔循环水出口的这部分压力，推动水轮机直接驱动风机旋转，工作时保证冷却塔的技术参数，而且循环水泵的能耗不变，并通过对循环水系统原设计工况的检测诊断，按系统最佳工况运行原则建立水力学模型，找到系统最佳运行工况点，设计使用与系统最匹配的高效流体设备，优化不合理的运行模式。水轮机的输出轴直接与风机连接并带动其转动，取消了原电机驱动风机系统，从而实现废能利用与降耗减排。

#### 3. 关键技术

(1) 利用循环水余压驱动水轮机，替代电机；

(2) 根据水循环系统冷却塔热力特性和循环系统的水力特性，采用适合冷却塔水头工作条件的超低比速混流式水轮机替代冷却塔中风机电动机，水能转换效率高达90%以上，并将原双列循环形导流叶栅改为单列环形导流叶栅，设计金属椭圆形蜗壳，实现水轮机的结构紧凑，满足冷却塔内部空间少的需求。

(3) 在线流体输送系统的纠偏。

### 3. 工艺流程

改造的流程：取消冷却塔减速箱和电机 → 把冷却塔用水轮机安装在原减速箱基础上安装原风机连通进水管和水轮进口 → 连通布水器和水轮机出口。

系统工作原理见图1所示：

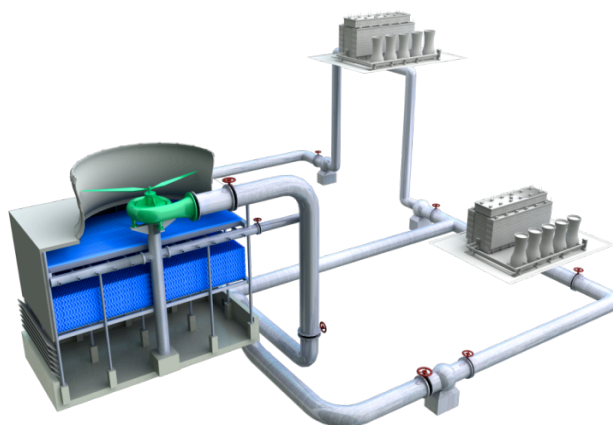


图1 工业冷却塔用混流式高效水轮机系统原理图

### 4. 主要优点：

- (1) 节能节水：无电机和电控设备，节电显著；飘水损失大为降低，减少补水。
- (2) 环保：无电机和减速箱，大大降低冷却塔震动和噪声，减少对环境的污染。
- (3) 经济：取消电机、减速箱、传动装置及配电装置等，免除日常维护保养费用。
- (4) 安全稳定：无任何电气设备，杜绝了漏电现象，事故源减少，故障率大为降低。
- (5) 冷效：风量随水量增减，保持冷却塔的气水比在最佳状态，冷却效果好。
- (6) 通用：凡是使用传统冷却塔的场合，均可采用水轮机冷却塔，进行节电改造。

表1 无电冷却塔与传统冷却塔的比较

型式比较项目	无电冷却塔	传统冷却塔

用电	无	每百吨循环水 4-6kw
用水	无需经常补水	需经常补水
运行费用	低	高
可靠性	可长期持续工作	电机、传动轴、减速机需经常维护
冷却效果	好	较好
安全	可在爆炸危险环境工作	爆炸危险环境需配备防爆电机
环保	无污染	对环境有噪声、振动、飘水的影响
飘水率	万分之一	千分之二
适用性	机械通风冷却塔，电动风机冷却塔进	机械通风冷却塔
噪声	<75dB(A)	>85dB(A)
投资回收期	1-1.5 年	——

### (三) 主要技术指标:

- (1) 水轮机效率 $\eta \geq 88\%$ 、外形设计尺寸满足冷却塔内部工作要求;
- (2) 噪音降低20%;
- (3) 水轮机替代电机后, 节电100%。

### (四) 技术应用情况:

该技术通过南京市科技成果鉴定, 已应用于石油、化工、钢铁和轻纺等行业。已对全国300余家企业的冷却塔进行了节能改造, 节能效果显著。

### (五) 典型用户及投资效益:

典型用户: 大庆石化、扬子石化、巴陵石化、哈尔滨石化、沧州大化、申久化纤、仪征化纤、南京钢铁、济南钢铁、江苏沙钢等

(1) 哈尔滨石化。建设规模: 4000t/h×2 台逆流式机械通风冷却塔改造。主要技改内容: 用水轮机替代风机电机、传动轴和减速机, 主要设备为 HL4000 型冷却塔用水轮机二台。节能技改投资额 240 万元, 建设期 15 天。年节电 316.8 万 kWh(按每年运行 330 天计算), 折合 1108.8tce, 年节约电费 190 万元, 投资回收期 1.3 年。

(2) 江苏沙钢淮钢特钢。建设规模: 2500t/h 逆流式机械通风冷却塔一台改造。主要技改内容: 用水轮机替代风机电机、传动轴和减速机, 主要设备为 HLW-2500 型冷却塔用水轮机一台。节能技改投资额 75 万元, 建设期 10 天。年节约电能 87.1 万度, 折合 304.8tce(按每年运行 330 天计算电费), 年节约电费 52.3 万元(按企业用电价 0.6 元/度计), 投资回收期 1.4 年。

### (六) 推广前景:

冷却塔广泛应用于钢铁、化工、电力等行业的烟气冷却、排水冷却等，也广泛应用于空调排水冷却，在工业和民用方面都有广泛的用途。

目前的工业循环冷却系统耗电现状是：每座冷却塔的塔顶都装有一台电动机，用来驱动风筒内部的风叶转动，一座 4500t/h 流量的冷却塔电机年耗电量约为 175 万 kWh，耗能折合 612tce。

全国现有冷却塔可进行水轮机改造的总容量约为 24157 万 t，预计到 2015 年推广 10%，全国可改造 6000 余套，年节能能力可达 240 万 tce。

由于新建项目整个系统运行尚不稳定，对于整个系统是否有较大的能量富裕尚不能做出准确的判断，因此，不应在新建项目中立即采用水动风机冷却塔，水动风机冷却塔应该以使用多年、运行工况成熟且稳定的已有系统为对象。

### （七） 投资效益测算

总投资 72 亿元。

节能能力 240 万吨标准煤。

### （八） 政策建议

1. 组织开展水动风机冷却塔技术示范项目并加强市场宣传，提高市场对水动风机冷却塔技术的认可度。
2. 加强研究，进一步提高技术的稳定性。



## 十五、稀土永磁无铁芯电机节能技术

### （一）适用范围：通用于中小型电动机及发电机系统

稀土永磁无铁芯电机可应用于量大面广的风机、水泵、压缩机等通用设备，还可用在电动汽车、风力发电、数控机床、油田抽油机、移动电站等领域。

### （二）技术内容

#### 1. 技术现状

稀土永磁电机的研究稀土永磁电机最显著的性能特点是轻型化、高性能化、高效节能。高性能稀土永磁电机是许多新技术、高技术产业的基础。在航空航天领域，美国已研制成驱动航天飞机升降副翼用的12.6kW，9 000r/min稀土永磁无刷直流电动机，效率为95%，仅重7.65kg。在船舶电力推进领域，高性能舰船一般均采用全电力推进系统。国外在电力推进系统中普遍采用永磁电机作为系统的推进电机。在风机水泵行业，主要有油田电力驱动系统、发电厂和钢铁生产企业中，水泵和通风机等机械负载的应用数量最大。在电梯行业，国外主要电梯制造商大都采用了永磁同步电动机驱动无齿轮曳引机，其效率可高达0.9以上，比交流异步电机+减速箱结构系统节能30%以上。在空调行业，永磁同步电机及直流变频驱动技术是未来空调发展的主流，通过改变频率来调节压缩机功率，且电机在低频运转时的效率极高，是实现家电节能的最佳技术途径之一。目前，日本已掌握较先进的180°正弦波控制及驱动技术。风电行业，国内湘潭电机厂，已研制成功2台2MW直驱永磁同步风力发电机，已应用于内蒙古卓姿风电场。力德风电与国家稀土永磁电机工程技术研究中心已经设计完成2.0MW直驱永磁风力发电机。

稀土永磁无铁芯电机是我国独立研究的代表电机行业未来发展方向的一种新型特种电机，采用无铁芯、无刷、无磁阻尼、稀土永磁发电技术，改变了传统电机运用硅钢片与绕线定子结构，结合自主研发的电子智能变频技术，使电机系统效率提高到95%以上。

为了进一步扩大使用范围，包括稀土永磁无铁芯电机在内的永磁电机正向大功率化、高功能化和微型化方向发展。

#### 2. 技术原理

转子上安装永磁体磁极形成磁场，没有励磁绕组，无需励磁电流，励磁损耗为零，节约铜材；电枢绕组用高分子材料精密压铸成型工艺固定在定子上，实现电机无铁芯化，铁损为零，提高效率，节约硅钢片；采用轴向磁场结构，磁场垂直分布度好，通电的电

枢绕组切割永磁材料形成的磁力线产生力矩，使电机旋转，实现电能和机械能的转换。比传统电机的径向磁通结构磁能利用率高，单位功率密度高；采用智能变频技术，配备新型智能逆变器，可以实现从零到额定转速的高效、无级调速，调速范围宽，精度高。

稀土永磁电动机的基本结构是转子为永磁结构，产生气隙磁通，定子为电枢，有多相对称绕组，如下图所示。稀土无铁心无刷电机的出现是采用新材料、新工艺的结果。电枢采用耐热性能优越的材料制成刚性整体，可以在高温及高速情况下长期稳定运行；由于电枢无铁心，电感小，完全消除了铁心中的磁滞损耗和涡流损耗，消除了由齿槽效应带来的转矩波动，具有优异的控制性能；运行效率高、温升高、转速范围广；电机的电枢中无齿槽且采用全塑封结构，负载运行时，噪声及振动都很低。

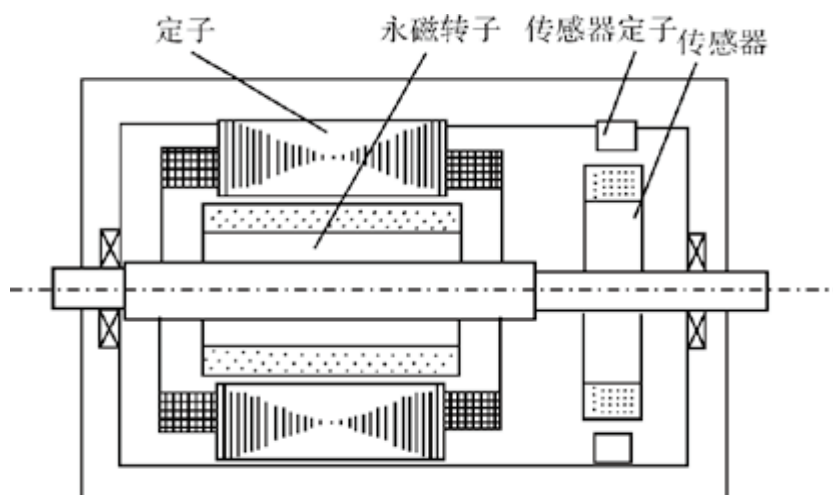


图1 稀土永磁无铁心电机的结构

### 3. 关键技术

稀土永磁无铁芯电机是代表电机行业未来发展方向的一种新型特种电机。与传统径向磁场结构设计相比，采用轴向磁场结构设计，大幅度提高功率密度和转矩体积比；采用新型绕制工艺和高分子复合材料高压精密压铸成型工艺，有效降低绕组铜损；不使用硅钢片作为定、转子铁芯材料，减少了磁阻尼，降低了驱动功率，减少了铁损发热源。结合自主研发的电子智能变频技术，使电机系统在宽负载范围效率大大提高。

#### （三） 主要技术指标

功率：1.1~11kW，转速 1500r/min、3000r/min、6000r/min 等

效率：30%以上额定负载不低于75%，50%以上额定负载不低于85%，额定点不低于传统高效节能电机

功率因数：30%以上额定负载不低于0.85，50%以上额定负载不低于0.95。

2009年，国家中小电机质量监督检验中心对该设备进行了性能检验；同年，通过国家发展和改革委员会组织的专家鉴定论证。工业锯床应用表明，与异步电机加齿轮箱系统相比，系统节能30%~80%以上；工业精密铣床对比表明系统节能30%以上；工业台钻表明系统节能50%以上。采用稀土永磁无铁芯电机的柴油电站，同等输出功率条件下，油耗降低约40%。与传统电机系统相比还可节约钢材50%左右，节约100%硅钢片，节约铜材50%。

#### （四） 技术应用情况

和传统电机相比，稀土永磁无铁芯电机具有“四大”性能优势：

1. 高效节能。电机功率因数高，无铁损、无磁阻尼，效率得到较大的提高。用户实际应用证明，采用该技术的1.5千瓦和3千瓦柴油电站，与传统发电机相比，节油率达40%。

2. 轻便节材。体积小，重量只有传统电机的几分之一。可节约80%的钢材，100%的硅钢片，50%的铜材。

3. 调速性好。电机转速与电源频率保持恒定，可简化变频调速控制系统，调速范围宽，精度高；易制成多极、低速大功率电机，可取消齿轮箱、皮带轮等传动系统，实现直接驱动。

4. 可靠性强。电机运行温升高，电机绕组采用高分子材料精密绝缘封装技术，环境适应性好，运行可靠。

稀土永磁无铁芯电机是一种全新产品，市场正处于培育之中，目前产品推广应用比例不高，在推广应用中还面临不少困难。首先是社会认知度不高。大多数用户对该技术不了解，对产品的工作原理、应用效果、可靠性还持怀疑态度。其次是我国在永磁电机方面的标准十分匮乏，稀土永磁无铁芯电机方面更是空白，严重影响了该类型电机的产品选型、性能评估、质量检测等，制约了产品的推广应用。三是产业化程度还有待提高。目前，小功率的稀土永磁无铁芯电机已批量生产，在小型风力发电、柴油发电、电动工具方面得到了推广使用。但在中、大功率电机上还 处于示范阶段。四是对相应的控制系统要求高，初投资较大。

#### （五） 典型用户及投资效益

典型用户：解放军后勤总部、浙江晨雕机械有限公司

建设规模：工业锯床用稀土永磁无铁芯电机。主要改造内容：永磁无铁芯电机和智能驱动器替代原有减速箱、皮带轮等。每台锯床技改投资约6000元，建设期1年。每

台年节能 1.7tce，投资回收期约 4.5 年。

## （六）推广前景

2010 年，我国电机系统容量约 12 亿千瓦，年耗电量约 2.5 万亿千瓦时（按平均年运行 2000h 计算），此外，每年新增电机容量 1.5 亿千瓦，但目前高效节能电机市场份额不到 3%。正在服役的各类中、小型电动机所消耗的电能占我国电网总供电量的 60-70%，是第一耗电大户。传统电机在低负载时效率和功率因数很低，实际使用中大马拉小车现象非常严重，电机大多数处于低负荷状态，系统运行效率比国外低 20-30%，电力浪费惊人。随着我国节能减排工作的深入开展，高效节能电机市场需求巨大，发展前景广阔。

稀土永磁无铁芯电机是代表电机行业未来发展方向的一种新型特种电机，采用无铁芯、无刷、无磁阻尼、稀土永磁发电技术，改变了传统电机运用硅钢片与绕线定子结构，与传统电机相比，节能节材、性能优异；与目前先进的稀土永磁电机相比，效率更高、重量更轻、稳定性更好，其发展前景广阔。另外，我国高性能永磁材料已产业化，钕铁硼永磁材料产量已居世界第一，价格趋于合理，稀土永磁无铁芯电机大规模产业化基础条件已具备。

在工业拖动设备方面：我国重点耗能行业的风机、水泵、压缩机等通用设备耗电约占 40%以上，年用电量超过 5000 亿千瓦时。这些设备单机容量大，系统能效水平低。据保守估计，采用稀土永磁无铁芯电机拖动通用设备的系统运行效率平均可提高 20%以上，节电潜力 1000 亿千瓦时。

在风力发电方面：稀土永磁无铁芯风力发电机整机重量轻，发电效率高，可降低风电场造价和风电成本。2010 年我国风力发电领域规模将达到 2000 万千瓦，2020 年有望达到 1 亿千瓦。目前，我国风电设备市场规模近千亿元，稀土永磁无铁芯风力发电机市场需求巨大，如全面推广应用，到 2020 年，年可多发电超过 100 亿千瓦时。

在电动汽车方面：据预测，2015 年我国纯电动汽车产量将超过乘用车总产量的 10%，年用电量超过 200 亿千瓦时。稀土永磁无铁芯电机效率更高，体积更小，在电动汽车领域比目前最先进适用的永磁无刷电机技术优势更明显。据保守测算，稀土永磁无铁芯电机在电动汽车上大规模应用，到 2015 年，年节电超过 12 亿千瓦时。

据初步测算，如果新增电机中有三分之一用这种新型产品替代，每年可节电近 500 亿千瓦时，节约硅钢片 50 万吨、铜 2 万吨，可创造近百亿元的产值，经济效益和社会效益十分可观。预计 2015 年该技术可推广至 5%，形成约 30 万 tce/a 的节能能力。

### **（七） 投资效益测算**

总投资 150 亿元。

节能能力 300 万吨标准煤。

### **（八） 政策建议**

1. 组织应用示范。选择重点行业和重点领域开展推广应用示范，对采用稀土永磁无铁芯电机的节能改造项目给予支持。鼓励能源服务公司采用合同能源管理方式推广应用。
2. 财政补贴推广。将稀土永磁无铁芯电机纳入“节能产品惠民工程”实施范围，实行财政补贴推广。
3. 创新推广机制。研究实施“重大节能技术培育工程”，设立专项资金，支持重点节能技术的研发研制、产业化示范、推广应用。
4. 加强基础工作。制定相关国家标准和检测方法，加强检测能力建设。
5. 支持成立产学研结合的技术研发平台和工程中心。加强研发支持力度，尽快实现稀土永磁无铁芯电机的大功率化，扩大技术使用范围。
6. 做好推广宣传。采取多种形式，大力宣传稀土永磁无铁芯电机，为推广应用营造良好氛围。

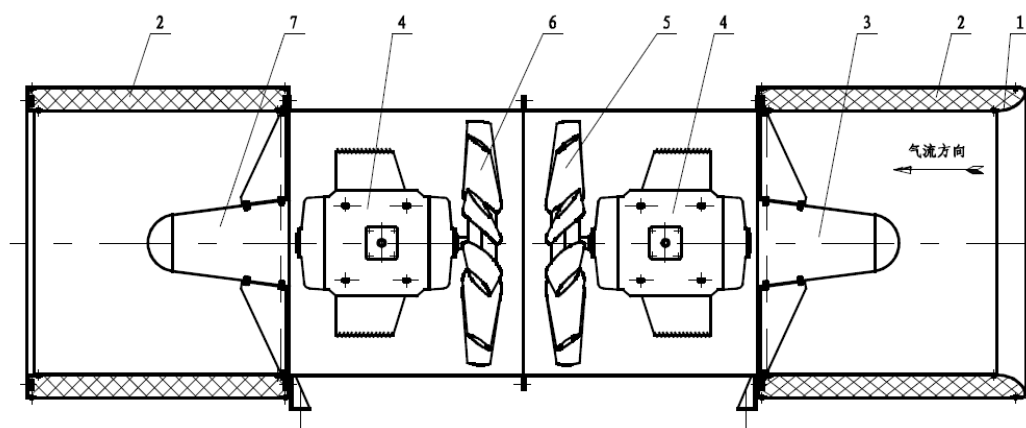
## 十六、对旋风机节能技术

(一) 适用范围：煤炭、交通、钢铁、电力

(二) 技术内容：

### 1. 技术现状

对旋多级串联风机是由两个或两个以上相同型号的风机（配用电机和叶片数、安装角度相同或不同）串联在一起，一、二级叶轮紧密地排列在一起，彼此之间运转方向相反，第一级叶轮中气流旋转方向与第二级叶轮中气流旋转方向相反，从而使气流尽可能沿轴向流出。因此，对旋两级串联运行的风机所产生的总风压大于单级风机风压的2倍。对旋风机是一种特殊的轴流风机，一般具有流量大、压力高、效率高、反风简单、结构紧凑、轻便易拆装等优点，主要用于煤矿、地铁、隧道、电厂、钢铁生产等需强制通风的场所中。



1. 集流器    2. 进、出口消声器    3. 整流罩    4. 电动机  
5. 一级叶轮    6. 二级叶轮    7. 扩压器

对旋风机示意图

我国现有的大型风机制造商有运城安运风机有限公司、四平鼓风机股份有限公司、湘潭平安电气集团有限公司和陕西鼓风机集团等，经过多年的产业化推广，我国风机已基本实现了国产化，但这些风机的实际运行效率较低，对旋风机产品的市场占有率低。国内对旋风机存在的主要问题是：叶片排功率匹配不合理，经常导致二级转子电机负荷超标而被烧毁；前后排转子叶片设计方法落后，附件结构缺乏设计准则，导致对旋风机整机效率不高；结构设计不合理，导致浪费材料，振动超标，容易带来运行安全问题；变角度设计与变转速设计不协调，导致变工况效率更低；系统匹配不合理，“大马拉小

车”现象严重，设备长期低负荷运行；系统调节方式落后，相当部分采用机械节流方式调节，效率比调速方式约低 30%。同时，在产品用户端，煤炭企业普遍存在节能意识不强的现象，加上国家相关配套措施不到位，企业淘汰落后风机的动力不足；在产品制造端，目前风机行业还缺少统一的产品标准和设计规范，导致高效对旋风机的产业化推广缓慢。

## 2. 技术原理

风机属于升压叶轮机械，叶片流道内处于旋转、全三维、粘性、非定常流动状态，流场非常复杂，叶片设计直接影响流场的合理性，进而影响风机效率和风机噪音。高效节能风机依据三元流动理论和全三维粘性流动优化设计技术，根据风机的设计参数进行快速的个性化设计，在显著提高叶片性能的同时大幅缩短研发周期，减少实验成本。

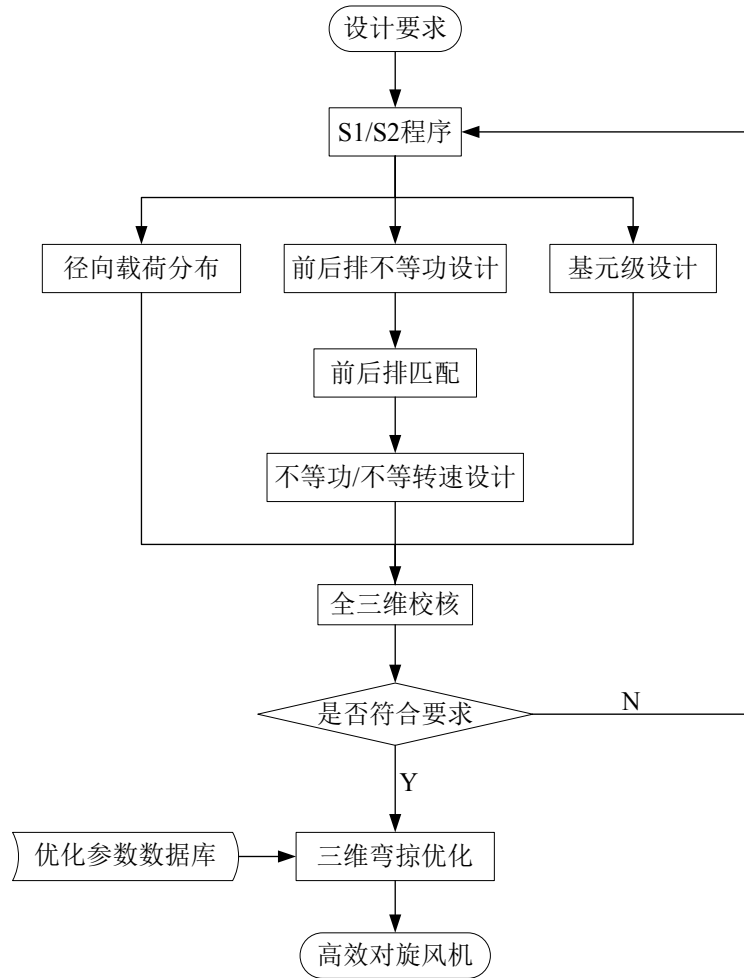
## 3. 关键技术

(1) 三元流动理论和全三维粘性流动优化设计技术。以全三维粘性设计方法和多目标优化平台为支撑，使用前后排转子不等功率设计/前后排转子叶片匹配优化设计/高效宽工况叶型优化设计/可调轮毂设计，提高对旋风机整机设计点效率；引入变角度和不等转速协调设计的创新性方法，进一步提高全工况运行效率。

(2) 风机系统监测和自动控制技术。推广低成本/高精度/自动化/网络化的现场性能测试仪器，实时监控对旋风机的运行参数，汇总和量化高效对旋风机的运行节能效果，形成不同角度与不同转速匹配的数据库，并以此进行精确调节，实现整机最优动作，始终处于经济运行状态。

## 4. 设计流程

首先利用两类相对流面 S1/S2 程序设计叶片基元级初始形状，在此过程中根据风机种类不同综合考虑各排转子不等功分配、不等转速设计以及叶片排间的流场匹配，并根据需要选择合理的径向载荷分布，通过全三维计算校核得到进一步的叶片及流道整体造型，最后通过三维弯掠分布和模糊优化获得叶片、流道的优化几何参数，从而形成高效对旋风机产品。



高效风机设计流程

**(三) 主要技术指标:**

高效主通风机效率不低于 87%，局部通风机效率不低于 85%，平均运行效率不低于 80%，噪音不高于 85dB。

**(四) 技术应用情况:**

目前我国大部分高性能对旋风机仍然依赖进口，仅有少数风机企业和科研单位合作应用了三元流动理论和全三维粘性流动优化设计技术，研制了样机产品，开展了实验验证，尚未进行工程示范。

**(五) 典型用户及投资效益:**

以一台 500kW 的常用对旋主通风机为例，年平均运行效率由 60%提高到 80%，年节约功率约 125kW，年节电量超过 100 万 kWh，折合标准煤 350 吨。

以一台 2×25kW 的常用对旋局部通风机为例，年平均运行效率由 50%提高到 80%，



年节约功率约 20kW，年节电量超过 15 万 kWh，折合标准煤 53 吨。

### （六） 推广前景：

风机广泛应用于煤炭、地下交通、钢铁、电力等多种行业，是我国工业领域最主要的耗能设备之一，其耗电量占我国发电总量的 10%。特别是煤炭行业，风机是矿井的主要能耗设备，约占其总能耗的 16%以上，部分甚至高达 20~30%。我国的风机平均设计效率比国际先进水平低 5~10%，系统运行效率低 20~30%。目前重点煤矿使用的主通风机超过 15000 台，平均运行效率不到 60%；非重点煤矿共有主通风机超过 15000 台，平均运行效率不到 50%；矿用局部通风机超过 30 万台，平均运行效率只有 55%左右。与对旋风机 85%的国际先进效率水平差距很大，节能潜力超过 30%。全国矿井每年约需更换 2000 余台主通风机和 5 万余台局部通风机，如果大力推广高效对旋风机，年节约功率将达 120 万 kW，年节电量超过 100 亿 kWh，折合标准煤 350 万吨。

### （七） 投资效益测算

“十二五”期间，推广 400 台主通风机和 1 万台局部通风机，年节电量超过 20 亿 kWh，折合标准煤 70 万吨。总投资 22 亿元。

### （八） 措施建议

1. 实施高能耗矿用风机强制性淘汰更新制度。从政策上为旧机改造和新机投运铺平道路，提供保障，政策引导和行政许可非常重要。
2. 制定和发布相关技术和产品标准。制定、修订对旋风机及配套设备电机的能效标准，对旋风机系统经济运行管理标准，变频调速和调压节能产品标准等。研究对旋风机产品能效标识制度和高效产品认证制度。

## 十七、重型卡车废气余热利用装置

### (一) 适用范围：重型卡车、中型货车发动机生产企业

1. 重型卡车发动机生产企业，通过增加尾气余热回收装置，对发动机及排气系统进行改造；

2. 中型货车发动机生产企业，通过增加尾气余热回收装置，对发动机及排气系统进行改造。

### (二) 技术内容

#### 1. 技术现状

目前，国内关于汽车尾气余热利用技术的研究从利用途径来看主要包括废气涡轮增压、制冷空调、发电、采暖、改良燃料等方式。

废气涡轮增压技术是当前废气能量利用较为广泛的一种途径，它是借助废气中的部分能量来提高内燃机的进气压力进而增加充气量，以改善内燃机的动力性和经济性。余热式采暖系统是通过在车厢内布置采暖加热盘管和新风加热盘管分别加热车厢内的循环空气及新鲜空气，以提高车厢空气温度和舒适性。在制冷空调方面，有研究根据现有汽车空调的制冷系统和发动机冷却水及尾气系统的结构特点，结合溴化锂吸收式制冷系统的工作原理，提出将汽车尾气管和发动机冷却水箱进行结构改造，作为溴化锂吸收式制冷系统的发生器，代替传统的汽车空调的制冷和采暖系统及发动机冷却系统。在发电方面，我国目前重点研究单螺杆膨胀机有机朗肯循环柴油机尾气余热发电利用系统。采用有机朗肯循环作为回收发动机尾气余热的技术手段，采用单螺杆膨胀机作为系统的输出装置。

在美国，美国能源部提出通过余热利用技术的应用使柴油机热效率在今后 10~15 年内提升至 60%。为实现目标，美国能源部同时资助汽车相关领域 6 个团队(GM, BMW 等)和国家实验室(MIT-Lincoln, ORNL, RTI, PNNL, JPL 等)进行汽车余热利用研究。

日本 HONDA 公司在 2008 年 2 月发布消息称研究出朗肯循环系统，在 100km 的时速下，发动机热效率提高了 3.8%。并且朗肯循环系统在输出 30hp 时有大热效率 13.8%。

德国宝马公司最近开发出了汽油机内置蒸气机构“Turbo Steamer”，在宝马 3 系列汽车使用的 1.8L 4 缸发动机的基础上，试制了增加蒸气机构的发动机。研究表明，发动机燃油效率、输出功率及扭矩分别提高了 15%，10kW 和 20N·m。目前，这项研

究已进展到缩小系统尺寸、简化部件等方面的工作。

## 2. 技术原理

通过回收卡车尾气温度达 400℃ 以上的高温气体热量，通过有机朗肯循环和小型动力机械，为发动机增加部分轴功，从而达到了节能减排的效果。

采用有机朗肯循环能量回收系统回收低温余热。有机朗肯循环不用水作为工质，而是使用低沸点的有机物（氯乙烷、正戊烷、异戊烷、R134a、R245FA 等）作为工质来吸收废气余热，汽化，进入动力机膨胀做功，是国外已得到广泛应用的新型废热发电技术。有机朗肯循环的主要优点如下：

（1）这些工质低的沸点及高的蒸气压力使有机朗肯循环比水蒸气朗肯循环具有较高的热效率，对较低温度热源的利用有更高的效率。

（2）由于有机工质的密度一般均比水的密度要大很多，因此与朗肯循环发电系统相比，有机朗肯循环系统的动力装置、管道和换热器的体积都要小得多。尤其对于内燃机来说，冷凝器需要采用空冷方式，采用有机朗肯循环可显著降低冷凝器的体积。

（3）低沸点工质的冷凝压力要比水的高，也就是说对于有机朗肯循环来说，透平或膨胀机出口压力不必象朗肯循环那样抽成负压，而是高于大气压，有一定的正压，这也就减少了空气进入系统的可能性，也省掉了常规朗肯循环的抽汽装置。（4）低沸点工质的熔点一般在 -50℃ 以下，所以冬天不用担心管道的冻堵问题。

采用单螺杆膨胀机作为热功转换动力机械。其原理是蒸汽进入机内齿槽，推动螺杆转动。随着螺杆转动，齿槽间的容积逐渐增大，介质降压降温膨胀做功，最后从齿槽末端排出。功率从主轴螺杆输出，驱动发电机发电。与常规的余热发电装置汽轮机相比，单螺杆膨胀动力机具有以下技术特点：功率可以在 1kW ~ 2000kW 之间，而我国目前最小的蒸汽轮机发电功率为 750kW，正好弥补了蒸汽轮机单机功率不能太小的缺陷；蒸汽轮机的蒸汽只能是过热蒸汽和饱和蒸气，而螺杆膨胀动力机可以是过热蒸汽、饱和蒸汽、汽液两相或热液，也称为全流膨胀机。因此适应热源范围广；转速比透平膨胀机低，因此可直接与发电机相连，因此减少了减速箱的设置和功率损失；容积式膨胀机，膨胀机内除泄漏损失外，其他损失较小，因此机组效率较高，同时部分负荷特性好。

## 3. 关键技术

车用紧凑轻量化系列高效膨胀机、烟气蒸发器、冷凝器等关键核心设备，进行内燃机余热热功转换系统的集成，测试与优化，优化有机朗肯动力系统与车用发动机的耦合匹配等技术。

#### 4. 工艺流程

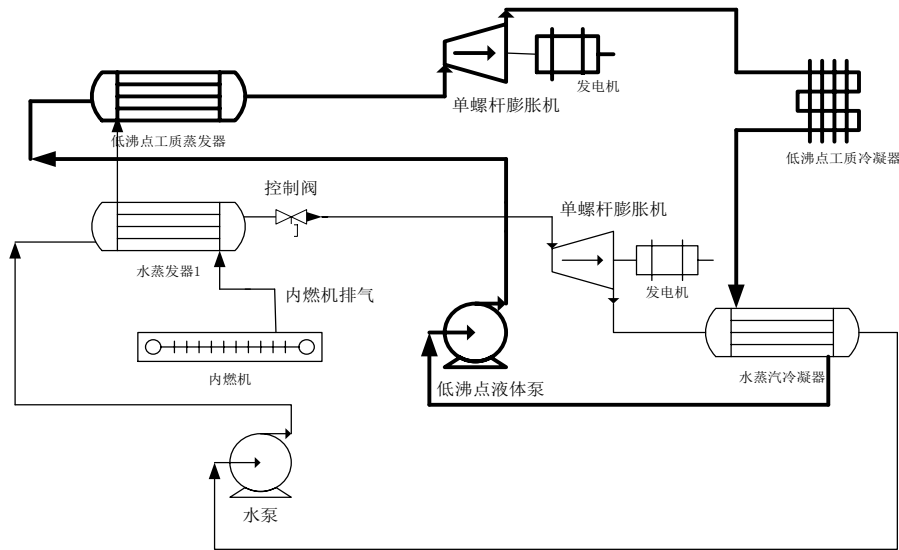


图 2 系统流程图

#### (三) 主要技术指标:

以宝马 BMW1.8 升四缸引擎为例，他们设计的尾气余热回收系统可以增加 15% 引擎输出功率，油耗与 1.5 升发动机相当，而且最大功率增加了 10KW，峰值扭矩也同时上涨了 20Nm。本项目将主要突破单螺杆膨胀动力机、有机朗肯循环设计集成等关键技术，研制出具有完全自主知识产权的单螺杆膨胀机有机朗肯循环内燃机余热回收系统，提出产品系列化方案。

- (1) 提出单螺杆膨胀动力机的优化设计方案，研制适用于内燃机余热利用的单螺杆膨胀动力机样机，实现峰值效率达到 60% 以上。
- (2) 选择适于内燃机余热发电的合适工质，研制低沸点工质-烟气冷凝器样机。
- (3) 建立单螺杆膨胀机有机朗肯循环系统的性能测试平台。

#### (四) 技术应用情况:

该技术已在 BMW 公司、卡特彼勒公司和康明斯公司得到了广泛应用，并于 2009 年列入了美国经济复苏计划中的“重卡和客车节能研究计划”得到了大力发展。

美国 Argonne 国家实验室在分析了各类内燃机的节能技术后认为，余热能回收利用具有最大节能潜力。美国的康明斯公司在预测内燃机转化效率的发展趋势时认为，通过余热能的回收利用，到 2015 年可使内燃机的转化效率达到 60% 左右。2010 年 1 月 11 日，美国能源部长朱棣文宣布启动 3.75 亿美元（政府拨款 1.87 亿）提高重型卡车和乘

用车效率的研究计划，其中发动机余热能回收利用是该项目支持的主要关键技术。该项目投资中 60% 的资金用于重型卡车的节能，其余 40% 的资金投入支持轻型客车的节能，并声称项目将创造 500 个研发就业机会，2015 年产业化后将创造 6000 个就业机会。到 2030 年该技术在汽车中广泛采用后，每天能够节约 1 亿升汽油和柴油，降低汽车 20% 的碳排放。美国此项计划反映了新能源汽车的最新动向。目前该项技术已经引起国外主要汽车公司和发动机公司的重视，并于近几年竞相推出了该项目的示范产品和推广计划。

#### **（五） 典型用户及投资效益：**

国内目前重型卡车废弃余热利用装置已经在潍柴动力 MP7 系列 278KW 柴油发动机上开始示范，采用尾气余热回收利用装置后，发动机输出功率增大了 10-15%，具有很好的应用推广前景。

#### **（六） 推广前景：**

全球汽车工业正处在重要的技术转型期，发展节能与新能源汽车已成为各主要汽车生产国产业竞争的重要战略方向。内燃机废气排出的热能约为燃料化学能的 40%，这与发动机的有效功所占的比例大致相当，数量巨大。利用内燃机的废气余热，通过有机朗肯循环，实现排气废热的热功转换，可以提高发动机的功率，降低发动机的油耗，是目前节能汽车的一个重要发展方向。

重型卡车最近十年增长迅猛，从 2000 年的 3 万辆到 2009 年全国销售了 89 万辆，2010 年上半年已经销售了 73 万辆，一台用于长途货运的重卡产品，在正常运营情况下，每年的行驶里程约为 25 万公里。如果按照每百公里平均耗油 30 升计算，一辆重卡的年耗油量达到了 7.5 万吨，重卡行业节能潜力巨大，应该受到“十二五”交通运输业节能技术的重视。

到 2015 年，建设节能重型卡车发动机废气余热利用装置生产基地 2-3 个，实现年产 20 万台节能重型卡车发动机废气余热利用装置，实现大规模产业化，使重型卡车油耗降低 15% 以上。“十二五”期间实现节油 110 万吨，相当于节能 154 万吨标煤，减排二氧化碳 400 万吨。

#### **（七） 投资效益测算**

总投资 200 亿元。

节能能力 154 万吨标准煤。

## （八） 政策建议

1. 加大基础研究支持力度，推动汽车尾气余热回收技术取得突破性进展。
2. 组织技术应用示范

## 十八、 半导体照明

### (一) 适用范围：照明

1. 显示屏、交通信号灯等是LED应用的主要市场。LED因节能、显色性好、响应时间短等优点在显示屏和交通信号灯领域得到广泛应用。交通信号灯主要用超高亮度红、绿、黄色LED，因为采用LED信号灯节能，可靠性高，所以在全国范围内，交通信号灯正在逐步更新换代。同时，数字信息化社会的到来促进了显示技术的发展，目前LED显示屏已经广泛应用于车站、体育场馆、医院、市政广场、机场等场所。

2. 背光源是LED应用的一个重要领域。LED早已应用在以手机为主的小尺寸液晶面板背光市场中，是SMD型产品应用的最大市场，手机产量的持续增长带动了背光源市场的飞速发展，虽近两年手机的增长速度趋缓，但手机背光源在LED应用市场中仍占有举足轻重的地位。随着大规模集成电路和计算机技术的高速发展，LED被应用于笔记本和液晶电视。目前，LED背光应用在所有中小尺寸液晶产品中，可携式个人电脑的渗透率将近100%，液晶电视的渗透率也持续提高，2011年LED背光总需求为459亿颗，预计在2012~2013年其渗透率将超过90%。

3. 广泛应用于汽车工业。LED已经渗入到汽车电子领域，包含汽车内部的仪表板、阅读灯、音响指示灯、开关的背光源和外部的刹车灯、尾灯、侧灯以及头灯等。2005年我国LED汽车应用市场规模为2900万元，其中汽车车灯市场规模为2100万元。虽然LED目前还面临着一些困难，但是随着成本性能比的下降以及发光效率的提升，最终LED将占据整个汽车车灯市场。凭借着汽车产业的巨大产能，LED车灯市场有较大的发展潜力。

4. 随着技术的不断发展，LED越来越多地进入到各种照明领域中，除景观照明外，目前在LED在路灯，隧道灯，地铁照明，室内照明等领域都有实践案例，在景观照明方面，北京奥运会，上海世博会等各种盛会均有大量应用；隧道灯方面，我国已有超过20条的隧道采取LED照明并取得了良好的节能效果；在地铁照明方面，目前已有上海、广州、深圳、香港等地在使用LED照明产品，效果良好。此外在地下停车场也有LED灯的使用。但是对于进入普通照明市场而言，LED除面临着诸如散热不好、发光效率低、成本高等问题外，还将面临到设计以及LED照明产品通用标准的制订等问题，因此LED取代荧光灯、白炽灯等还需要一段时间。

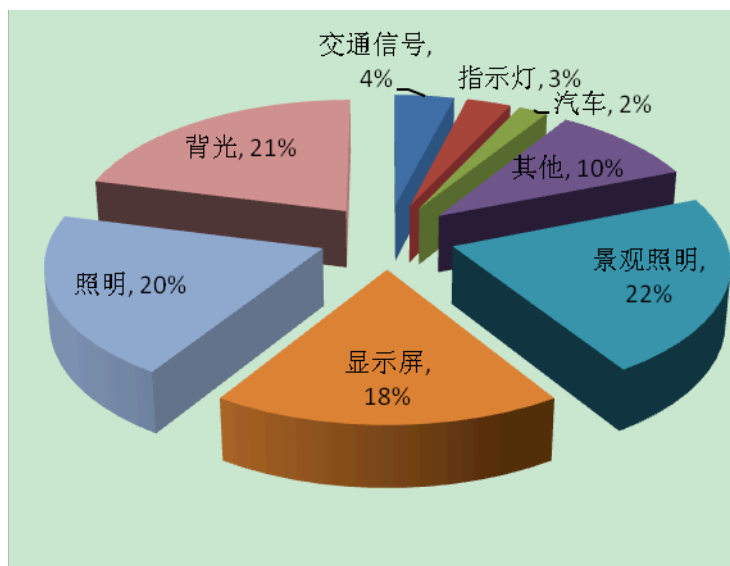


图1 2010年LED应用分布

## （二） 产业发展现状

近年，日本“21世纪光计划”、美国“下一代照明计划”、欧盟“彩虹计划”、韩国“GaN 半导体发光计划”等政府计划纷纷启动。我国在2003年6月也成立了国家半导体照明工程协调领导小组，启动了国家半导体照明工程。2009年5月和9月，我国又先后启动了“‘十城万盏’半导体照明应用示范工程”和下发了《半导体照明节能产业发展意见》，大力扶持LED产业发展。2010年8月，为了进一步贯彻落实《关于印发半导体照明节能产业发展意见的通知》要求，进一步推动绿色照明工程，促进半导体照明节能产业健康有序发展，国家发展改革委、住房城乡建设部、交通运输部又下发了《关于组织申报半导体照明产品应用示范工程项目的通知》，组织开展半导体照明产品应用示范工程。具体在不同气候条件的地区，选择20个半导体室内照明应用项目、15个半导体路灯应用项目和15个半导体隧道灯应用项目开展示范。

在一系列政策的推动下，我国已初步形成了包括LED外延片生产、LED芯片制备、LED器件封装以及LED产品应用在内的较为完整的产业链，并在下游集成应用方面具有一定优势。形成了上海、大连、南昌、厦门、深圳、扬州、石家庄等多个国家级半导体照明工程产业化基地，长三角、珠三角、闽三角以及北方地区则成为中国LED产业发展的聚集地。从总体上看，中国LED产业发展较快，在LED应用产品方面已成为世界最大的生产和出口国，LED产业正在形成。

## （三） 需解决问题

虽然我国半导体照明节能产业发展取得积极进展，但与半导体照明产业发达国家相



比，还面临一些问题亟待解决。

1. 在技术方面：专利和核心技术缺失。核心装备MOCVD（金属有机源化学气相沉积设备）基本依赖进口。研发投入不足，缺乏支持基础理论研究的长效机制，共性技术研发平台尚不完善，关键技术研发没有形成合力。

2. 在产业方面：产业整体水平较低。我国半导体照明生产企业超过3000家，其中70%集中于下游产业，且技术水平和产品质量参差不齐。国产LED外延材料、芯片以中低档为主，80%以上的功率型LED芯片、器件依赖进口。在照明驱动IC领域，国内企业普遍处于研发阶段，更没有达到一定规模。因此，在“十二五”期间，我国半导体照明产业将面临巨大的技术产业链升级压力。

3. 在应用方面：标准和检测体系尚未建立。由于半导体照明技术进步快，涉及行业多，处在多学科交叉的产业边缘地带，以及在检测设备、检测方法的研发等方面没有足够的投入，导致半导体照明的标准与检测体系尚未形成，也没有针对半导体照明产品的权威检测平台，无法对现有半导体照明产品进行质量评价或认证。这些因素制约我国半导体照明产业的健康发展。

#### （四） 目标与方向

##### 1. 发展目标

从国家发改委公布的《半导体照明节能产业发展意见》来看，我国半导体照明产业今后的发展目标是：到2015年，半导体照明节能产业产值年均增长率在30%左右；产品市场占有率逐年提高，功能性照明达到20%左右，液晶背光源达到50%以上，景观装饰等产品市场占有率达到70%以上；企业自主创新能力明显增强，大型MOCVD装备、关键原材料以及70%以上的芯片实现国产化，上游芯片规模化生产企业3-5家；产业集中度显著提高，拥有自主品牌、较大市场影响力的骨干龙头企业10家左右；初步建立半导体照明标准体系；实现年节电400亿千瓦时，相当于年减排二氧化碳4000万吨。

##### 2. 发展方向

我国半导体照明产业“十二五”发展方向是：主动融入全球半导体照明节能产业链，进行渐进性技术创新，准确把握半导体照明产业技术极限，及时研发产业替代技术，实现技术产业链的链间升级。

#### （五） 建设内容：

1. 核心技术装备和关键材料国产化，推动半导体照明产业链完善。支持MOCVD装备、新型衬底、高纯MO源（金属有机源）、氮化镓材料、OLED材料与器件研发；攻

克半导体照明产业化共性关键技术，包括大功率芯片和器件、驱动电路及标准化模组、系统集成与应用等技术、高效散热技术等。形成2~3个国家半导体工程技术中心，建立3~5个上游芯片产业化基地。

2. 照明产品系列化。开发和推广替代白炽灯、卤钨灯的半导体照明定型产品；开发和推广停车场、隧道、道路等性能要求高、照明时间长的功能性半导体照明定型产品；发展中大尺寸液晶显示背光源、汽车照明等增长潜力大的半导体照明产品；发展医疗、农业等特殊用途的半导体照明产品，形成半导体照明骨干龙头企业10家左右。

3. 研究建立半导体照明标准体系，逐步出台产品的检测标准、安全标准、性能标准和能效标准，积极参与国际标准制定。加强半导体照明产品相关基础标准、产品标准和测试方法标准的研究。针对不同的半导体照明产品分重点、有步骤地研究开展照明节能认证工作。

4. 建设半导体照明产品各级检测平台。加大检测设备投入，提高国家级检测机构对半导体照明产品的检验和测试能力，达到检测项目通过国际通行实验室检测能力的认证，实现检测结果的国际互认。建设具有国际水平的检测平台，不仅局限于国家级检测机构，还应包括地方检测机构、第三方认证实验室以及具备良好实验室的大型企业。

5. 加大政策扶持力度，增加资本投入，扶持部分企业工程研究中心建设，并充分发挥国家半导体照明工程技术研究中心以及企业工程研究中心的作用，针对半导体照明领域的前沿高端技术进行基础研究和技术研发，以获得核心专利技术，保障半导体照明产业未来拥有核心竞争力。

#### （六） 投资效益测算：

总投资 150 亿元。

节电能力 400 亿千瓦时，折标准煤 1300 万吨。

#### （七） 政策建议

1. 实施推广半导体照明的配套补贴政策。现阶段，为更好更快地推进半导体照明产业化进程，建议生产者补贴和消费者补贴齐头并进，加快促进市场形成。
2. 落实半导体照明产品政府采购支持政策。将半导体照明产品及其关键装备列入节能环保产品目录和政府采购清单，享受相应鼓励政策。
3. 建立使用国产装备的风险补偿机制，鼓励采购国产MOCVD 装备，支持关键装备国产化。推动落实从事国家鼓励发展的项目进口自用设备以及按照合同随设备进口的技术及配套件、备件，在规定范围内免征进口关税的优惠政策。

4. 落实税收优惠政策。将半导体照明产品纳入到《节能节水专用设备企业所得税优惠目录》。

## 十九、 高效低碳燃气炊具

(一) 适用范围：适用范围：应用于家庭或商业

### (二) 技术内容

#### 1. 技术现状

目前国内关于燃气灶具高效燃烧技术方面的研究成果主要包括聚能燃烧技术、内燃气燃烧技术、低压引射型鼓风式燃烧技术以及燃气辐射燃烧技术等。

#### 2. 技术原理

红外线多孔陶瓷高效低碳燃气灶：红外线辐射燃烧器是一种低压式完全预混燃烧器。燃气在燃烧器表面着火燃烧，当燃烧器表面介质达到一定温度时，便向外辐射红外线。物体接受到红外线照射时，吸收其中一部分，反射一部分，吸收的部分转化为物体自身能量，使物体分子热运动变得更加剧烈，达到加热的效果。

聚能燃烧器低碳环保燃气灶：在燃烧之前，燃气与空气实现全部预混，燃烧所需求的空气全部通过低压燃气的能量引射吸入到燃烧器腔体内，并经充分的混合，过剩空气系数  $\alpha=1.03 \sim 1.06$ ，燃气-空气的混合物在金属蜂窝体中间进行燃烧。

#### 3. 关键技术

红外线多孔陶瓷高效低碳燃气灶：

(1) 采用功能性多孔陶瓷为核心部件，核心部件原材料储量丰富、生产过程低碳环保、产品废弃后无污染。红外线多孔陶瓷节能灶的关键部件采用堇青石等作为多孔陶瓷的主要原材料，在我国储量丰富，价格低廉，大量开采对生态环境无影响；另外由于是陶质材料，红外线多孔陶瓷节能灶具的燃烧器在使用寿命完结后，经过 3-5 年可自然降解，对环境无污染。

(2) 无焰燃烧。燃气和空气在着火前预先按大于或等于化学计算量混合均匀并且设置专门火道，使燃烧区内保持高温。燃气在燃烧器表面着火燃烧后，多孔陶瓷板能够辐射出一定波长的红外线，可加快物体的受热过程；燃烧板工作时火焰短，附着于板表面以下 2~3 毫米的火孔内，看不见火焰，实现无焰燃烧。由于加热过程中能量损失很小，从而大幅度提高了灶具的热效率。由于陶瓷板导热系数很小，虽然其上表面温度为 800~900℃，但其下表面温度不超过 300℃左右，不会发生回火现象。适用于以沼气、天然气尤其是液化气为燃料。

(3) 辐射加热。红外线多孔陶瓷节能灶采用功能性多孔陶瓷为核心部件，全波段

红外强力辐射加热为核心技术。全波长红外发射率为 0.89，60%的燃烧热能转化为红外辐射传递，改变了普通大气式灶具通过对流和热传导传递热量方式。

聚能燃烧器低碳环保燃气灶：

(1) 采用了“合金蜂窝体”燃烧器。通过冷轧将合金金属带加工成波纹带，通过环形缠绕和焊接工艺，形成合金蜂窝体。其表面均匀密布近 10000 个火孔，使燃气均匀分布，燃烧更充分，杜绝了传统灶具的二次燃烧，减少了热量的损失。

(2) 运用了全预混内燃技术。通过引射作用将燃烧所需的空气全部吸入燃烧器腔内，空气与燃气的混合达到最佳比例，燃烧更加充分，热效率可达 68.5%，远高于国家标准的要求。同时，完全预混的微焰燃烧将较少能量转化为可见光，能量大多都转化为具备强烈热效应、锅具可迅速吸收的红外光，因而可见光损失很小。

(3) 凹面聚能技术。运用凹面镜的反射效应，将向四周扩散的热能聚集并反射至锅底，最大限度防止热能散失；加热更均匀，燃烧更平稳，符合平锅和尖锅吸热的需求。因而可以减少向周围方向辐射传热，有效聚焦热量，防火放风，具有明显的节能效果。

### (三) 主要技术指标

热负荷： $\geq 3.5\text{kW}$ ；

干烟气中 CO 浓度： $\leq 0.02\%$ ；

干烟气中 NO<sub>x</sub> 含量： $\leq 0.004\%$ ；

热效率： $\geq 65\%$

### (四) 技术应用情况

目前该技术以及类似技术的产品市场占有率不到 5%。

### (五) 典型用户及投资效益

典型用户：

广州市某液化气家庭用户，2008 年 1 月 1 日到 12 月 31 日，使用大气式双眼灶具，实测折算热负荷为 7kw（左右各 3.5），热效率测试值均为 53.5%，登记每月用气重量，2009 年 1 月 1 日到 12 月 31 日，使用红外线灶具，实测折算热负荷同样为 7 kw，热效率测试值均为 68%，热效率绝对值比大气式高 14.5%，相对值高  $14.5/53.5=27.1\%$ 。该用户 09 年度比 08 年度减少用气 51.59 公斤，折算为金额，按 08、09 年液化气的售价波动范围 80~120 元/15 公斤，现行市场价 119 元计算，每公斤 7.93 元，该家庭使用红外线灶比大气式灶一年节约燃气支出  $51.59*7.93=409.11$  元，投资回收期为 3 年。

### (六) 推广前景

目前，国际上通用的节能环保的热效率为 60%。而我国台式燃气灶的热效率普遍为

55%~58%，嵌入式燃气灶的热效率普遍为 52%~55%，热效率超过 60%的燃气灶具比例不到 1%。这一现状与日本、美国等发达国家近 80%的节能型燃气灶具的普及率相比，相差甚远。

2010 年，我国燃气灶具的保有量约为 1.86 亿台左右。考虑到未来中国加速城镇化以及西气东输等各种因素，我国燃气灶具仍将保持较高的需求和增长，预计到 2015 年，我国全社会燃气灶具保有量约 3 亿台。

通过产业的示范和推广，到 2015 年，城镇家庭中使用低碳灶具的比例为 40%，农村推广使用低碳灶具的比例为 20%。与 2010 年相比，能实现节省天然气用量 581 万吨，约 68 亿立方米，折标准煤 875 万 tce。实现二氧化碳减排约 1434 万吨。

### **（七） 投资效益测算：**

总投资 300 亿元

节能能力 875 万吨标准煤。

### **（八） 政策建议：**

1. 对典型高效燃气灶具的技术研发、成果转化给予相应的政策、资金等方面的支持，促进节能型燃气具大规模发展。
2. 尽快制定能效等级标准，同时，根据能效分等分级标准开始实施燃气灶具的节能标识制度，使得在燃气灶具的市场推广、销售等过程中消费者也有一个可靠的依据。
3. 实施节能产品补贴。在燃气灶具能效分等分级标准出台后启动高效燃气灶具产品补贴计划，根据燃气灶具的能效分等分级标准对不同能效的节能燃气灶具实行一定的节能产品补贴。

## 二十、能耗管控系统技术

(一) 适用领域：机械行业、能源行业、冶金行业、公共建筑行业

(二) 技术内容

### 1. 技术现状

能源管理系统技术依据功能重点不同可划分为三类：能源信息管理系统、能量调度管理系统、整体能耗管控系统。能源信息管理系统是目前较为普遍存在的能耗数据统计与报表管理系统，一般由企业管理信息系统（MIS）发展而来，实为一个能源数据统计管理系统，缺乏必要的实时性和细节；能源调度管理系统是对企业能源总体消耗量和局部总量进行实时监测，实现企业能源整体调度和优化；整体能耗管控系统实现对用能单位整体能源系统的全面监测与管控，可以发现无效和低效能耗，能够提供“准确、及时、细节”的能耗数据，以提高用能单位能耗利用效率降低整体能耗成本。

### 2. 技术原理

过程能耗管控技术采用基于嵌入式微处理器系统的同步实时智能测量技术，结合智能复合无线传感器技术和高速现场总线数据通讯技术，实现对用户的主要用能设备具体用能过程的实时监测与管控，消除生产设备实际用能过程中无效能耗，可降低整体设施能源消耗 10%~15%。

### 3. 关键技术

(1) 电、水、气等能源过程参数实时测量采用嵌入式微处理器系统技术、复合无线传感器技术与卫星同步时钟技术进行多测点时间同步，实现对用户生产设施主要用能设备的同步精确实时测量；

(2) 采用高速光纤以太网技术，实现大规模负载设备过程能耗实时数据同步传输；

(3) 通过区域能耗数据，对能源、用能设备与用能过程进行实时监测、分析和管控，发现并消除无效能耗，鉴别并管控低能效行为，以实现用能效率的持续改善，达到节能降耗的目的。

### 4. 工艺流程

工艺构成原理图参见图 1。

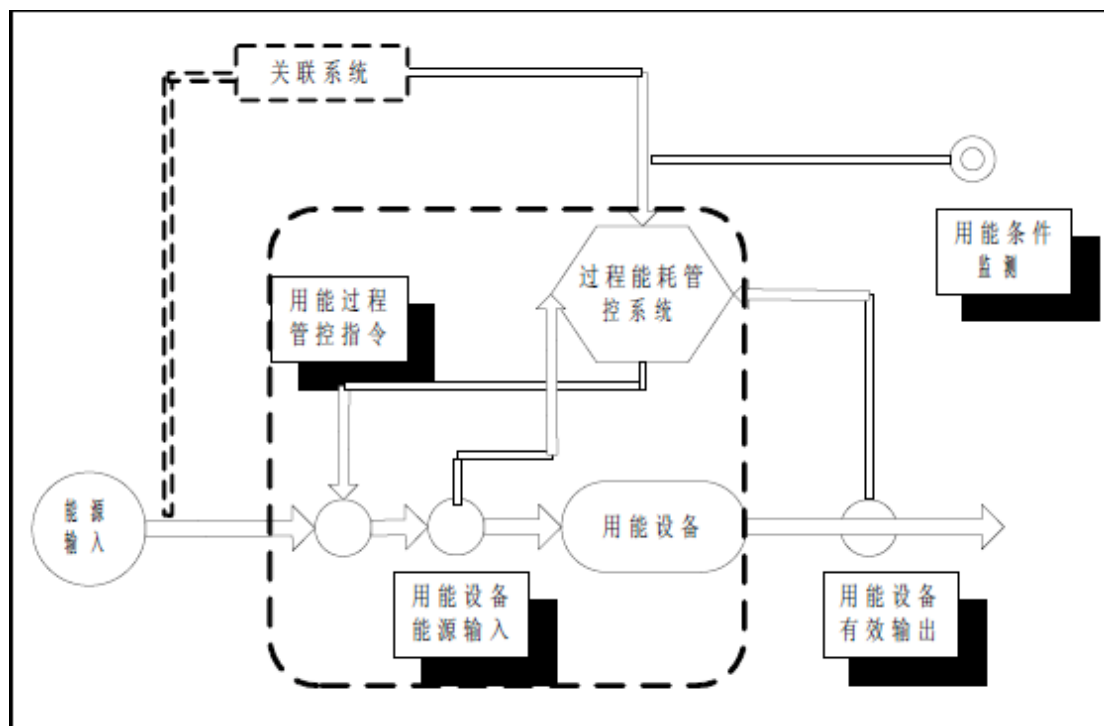


图1 主要工艺环节构成原理图

### （三） 建设内容

1. 用能单位能源管理体系与标准审核与规范。对用能单位的能源管理体系规范、能源管理指标规范、用能设备管理规范等的审核与建立。

2. 建立用能单位基础用能指标管理。建立用能企业能源消耗指标实现及时、准确、客观的能耗数据采集、统计、分类管理信息系统，建立各项工作能源使用条件指标，并与现有绩效制度建立关联关系

3. 建设整体负载过程能耗管控。建设用户能源数量与品质、负载设备用能过程的实时能耗数据采集与分析系统，对能源设施和整体用能设备以及用能过程进行实时监测、分析和管控，发现无效能耗和低效能耗，并进行能耗有效性控制，实现用能效率的持续改善与能源消耗的优化。

### （四） 主要技术指标

1. 不同区域的过程能耗数据同步误差允许值： $\leq 1$  秒；
2. 过程能耗参数采集的最小允许时间间隔： $\leq 1$  秒；
3. 过程能耗数据的精度：
4. 电能：具体负载点 $\leq 1\%$ ，总体采集点 $\leq 0.5\%$ ；
5. 其他能源介质（水、气等）： $\leq 1\%$ ；
6. 流量、压力、温度等非电类过程数据精度： $\leq 1\%$ ；



7. 多测点时间精度：≤1 毫秒；
8. 数据通讯开放与兼容性：需要满足国标有关要求。

### （五）技术应用情况

目前，我国整体能源管控系统技术已经在部分典型用能单位得到应用并得到切实的节能效果；但迄今为止，在主要用能单位的使用推广还未普及，主要原因在于整体能耗管控系统技术软硬件初期投入大、成本高，用能单位在没有强大推动力和多余资金的情况下，对此持谨慎态度。另一方面，整体能源管控技术作为以信息化驱动工业升级的重要基础技术，需要国家加大研究投入，研究并制定标准以引导行业的健康有序发展。因此，“十二五”期间迫切需要开展能源管理系统及时示范和推广。

### （六）典型用户及投资效益

典型用户：中集集团东部工厂、京沪高速铁路上海虹桥站、奥林巴斯深圳工厂等。

1. 建设规模：包括机场航站、城市铁路、高速铁路、地铁等部分功能区的用电系统、给排水系统全负载用能过程管理控制。主要技改内容及设备：装设负载用电能效参数管控装置、负载用能条件参数传感器、能源数据栈设备、网络通讯设备和系统主站等，实现对整体设施用能过程的实时在线监测与管控。节能技改投资额 960 万元，建设期 7 个月。综合能耗降低约 8.5%，年节能 1428 吨标煤，年节能经济效益 326 万元，投资回收期 3 年。

2. 建设规模：年产 20 万 TEU 的集装箱工厂用电系统及压缩空气系统的全负载用能过程管控。主要技改内容及设备：对整个设施的空压机、焊接、冲压、油漆、打沙等负载增设电能过程参数监测装置，以及压缩空气与燃气等非电能源的计量设备、压力与温度智能传感装置、网络通讯设备、主站数据设备等。节能技改投资额 800 万元，建设期 6 个月。每年可节能 3990 吨标煤，年节能经济效益 912 万元，投资回收期 11 个月。

### （七）推广前景

能耗管控系统技术的应用范围广泛，目前已在机械制造业、水泥制造业、交通枢纽等得到良好运用。用能单位能源系统包括能源传输、分配及消耗等环节，用户能耗总量取决于各环节采用的技术装备的能源效率和运行时间。“十一五”期间由于以上环节采用并推广了大量提高能源利用效率的能效优化技术与装备，我国单位 GDP 能

耗整体水平相对下降了 10%以上,但各行业单位产品的能耗水平相对国际先进水平仍有较大差距,甚至近几年建设的新项目(即使有关设备配置与国际先进水平已完全持平)也是如此,比如数据中心 PUE(能耗标准)比国外一般高出一倍以上、钢铁行业单位产能能耗高 40%以上。

### (八) 投资效益测算

总投资 25 亿元。

节能能力 100 万吨标准煤。

### (九) 政策建议

1. 专项资金支持: 中央财政和省级地方财政安排节能改造专项资金, 支持整体能耗管控技术示范;
2. 投资抵免: 对实施整体能耗管控系统技术节能提效推广工程的企业予以税收优惠, 推广工程投资额的 10% 从企业当年的应纳税额中抵免;
3. 国家发改委和能源局组织对开展能源管理系统节能提效示范的企业进行表彰推广, 并通过各种方式的激励政策支持。
4. 建立健全国家对整体能耗管控技术的研究体系, 包括建立整体能耗管控技术国家技术实验研究中心、将整体能耗管控技术的研究纳入国家科技计划, 高等教育中考虑开设整体能源管控技术课程等等;
5. 建立健全技术标准体系和技术支撑体系:
6. 制定发布相关标准、政策, 包括整体能耗管控系统技术标准, 整体能耗管控软件标准, 整体能耗管控系统运行管理标准, 能耗管控产品标准等。研究整体能源管控软件能效标识和认证制度。整体能耗管控技术软件技术鉴定
7. 开展整体能源管控系统技术人员与管理培训以及资质认证。
8. 加强整体能耗管控技术认证, 实施整体能耗管控技术节能承诺制, 选择性进行国际认证试点。

## 二十一、 节能镀膜玻璃技术

### （一） 适用范围： 建材行业建筑墙体装饰

按照传热系数与遮阳系数高低可将 low-e 玻璃分为三类：高透型Low-e 玻璃，遮阳型Low-e 玻璃（Sun-e 玻璃）和多银层Low-e 玻璃。

高透型 Low-e 玻璃采光自然，效果通透，通过玻璃的太阳能热辐射多，U 值低，隔热性能优良，适合寒冷北方地区。

遮阳型 Low-e 玻璃对室外强光具有一定的遮蔽性，能有效阻止太阳热辐射和室外物体的二次热辐射进入室内，保温性能优良，适合夏季时间较长的夏热冬暖地区。

多银层 Low-e 玻璃目前有两层和三层两种，不仅传热系数低且遮阳系数也很低，兼有高透光性和低得热性，与普通Low-e 玻璃比较，在可见光透射率相同的情况下具有更低太阳能透过率，不受地区限制，适合于不同气候特点的广大地区。

### （二） 技术内容

#### 1. 技术现状

目前，世界上低辐射玻璃生产工艺方法分为在线、离线两种。

在线工艺方面：在线是指在浮法线上生产玻璃的时候就热镀上膜层，镀膜工艺在相当高的温度条件下被“烤”入玻璃，它已经被黏合成为玻璃的一部分，所以称之为硬膜低辐射玻璃。在国际上，英国皮尔金顿有限公司于 1978 年采用在线热解镀膜工艺研制开发成功优异的低辐射玻璃，在 1985 年获得成功并开始正式在德国浮法玻璃生产线上实施使用。目前，低辐射玻璃的技术装备市场，主要被美国的 PPG 公司（浮法在线）、美国的阿克马公司（浮法在线）、英国的皮尔金顿公司（浮法在线）、德国的 DTEC 公司（浮法在线）和日本的旭硝子公司（格拉威伯尔公司浮法在线）等几家公司的技术和装备占据。

我国第一片在线低辐射玻璃出自于中国耀华玻璃集团公司。耀华在线Low-E玻璃是利用化学气相沉积法（简称CVD）工艺，即在浮法玻璃成形过程中，直接将原料气体喷射到高温的玻璃表面上，沉积产生低辐射膜层。

离线工艺方面：早期的离线低辐射镀膜是在玻璃已经生产甚至钢化完成之后才被镀上膜，膜层本身比较脆弱，属于“软膜”，仅适用于双层中空玻璃使用。为此，英国、美国、德国、法国及日本等工业发达国家很快研制成功离线镀膜工艺，生产“硬膜”层的低辐射玻璃。美国PPG公司、比利时格拉威伯尔公司研制开发出和在线膜层性能相近

的“硬膜”层的离线低辐射玻璃。旭硝子公司生产的低辐射玻璃系采用离线磁控溅射镀膜工艺，向浮法玻璃表面镀制一层低辐射的金属膜，以此降低玻璃的辐射率、增加隔热效果。

离线镀膜玻璃工艺及其装备上，我国企业在90年代主要通过设备及技术引进方式生产离线低辐射玻璃产品。目前已有企业掌握离线设备技术，但是距离全面国产化尚有一段距离。

## 2. 技术原理

低辐射玻璃是在普通玻璃表面涂以银等金属薄膜或SnO<sub>2</sub>等金属氧化物、铟锡合金等低辐射导电膜，使其辐射率可降至0.15以下，从而可以将80%以上的远红外热辐射反射回去。低辐射玻璃良好的阻隔热辐射透过的特性，使其在冬季的时候，对室内暖气及室内物体散发的热辐射，可以像一面热反射镜一样，将绝大部分反射回室内，保证室内热量不向室外散失，从而节约取暖费用；在夏季的时候，它可以阻止室外地面、建筑物发出的热辐射进入室内，节约空调制冷费用。

## 3. 关键技术

Low-E 镀膜技术。

## 4. 工艺流程

成熟的低辐射玻璃生产技术主要分为离线真空磁控溅射法和在线化学气相沉积法两种。

浮法在线低辐射玻璃是在锡槽部位玻璃的成形过程中采用先进的CVD（化学气相沉积）技术进行镀膜的，这时玻璃处于650℃以上的高温，保持新鲜状态，具有较强的反应活性，膜层同玻璃的结合是通过化学键结合的，因此同玻璃的结合非常牢固，膜层全部由半导体氧化构成，具有很好的化学稳定性和热稳定性。在线功能玻璃属于“硬镀膜”，膜层坚固耐用，其耐酸性、耐碱性、耐磨性指标大大优于国家标准限定的要求。能够进行各种冷加工以及热弯、钢化、夹层、合中空，而且在合中空过程中不需要去边部膜层，可直接合中空，能够单片使用，同普通玻璃寿命相同。

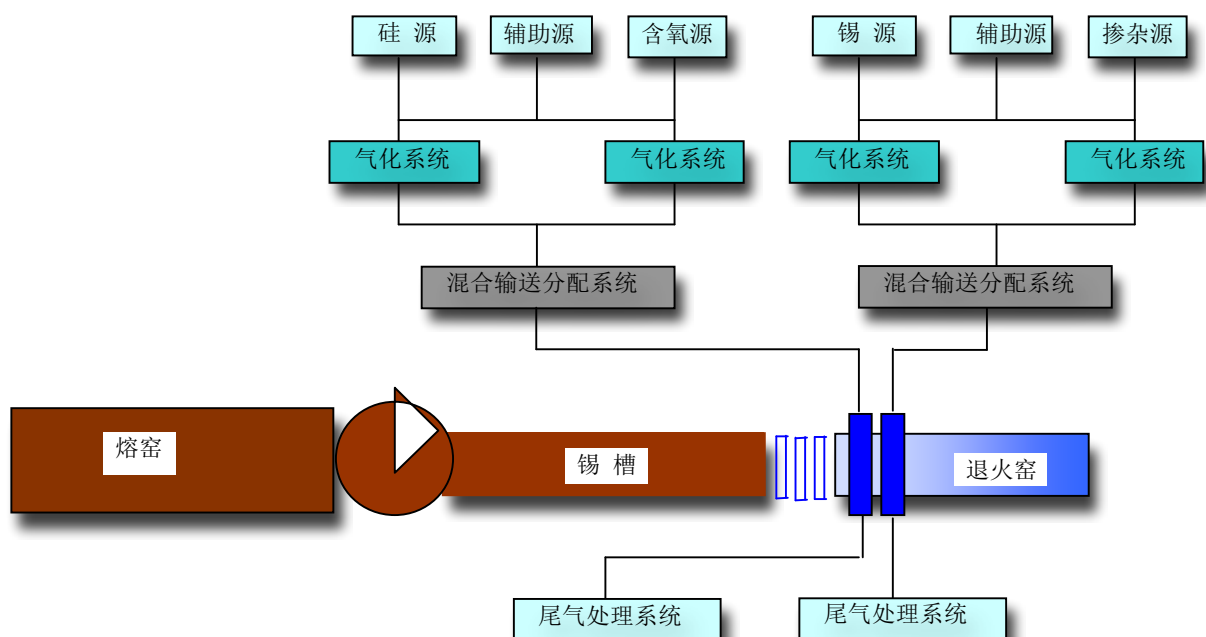


图1 Low-E节能玻璃在线镀膜技术工艺流程图

离线生产使用的是真空磁控溅射工艺，玻璃经切割、清洗等预加工后，送入溅射室，在玻璃表面镀上单层或双层纯银的功能膜，两侧需加上多层介质膜，一般膜系由几到十几层膜层构成，银层起低辐射作用，其它膜层全部为保护和过渡膜层，膜层属于“软镀膜”。离线低辐射玻璃镀膜具有设备投资少、生产难度低的优点，在世界各国对建筑节能的重视下得到了前所未有的发展。功能膜分为单银及双银两种，所谓双银只是增加了一层银功能膜，一般单层银辐射率0.10~0.15，双层银辐射率可达到0.05~0.10。

目前，在国内、国外，离线（采用真空磁控溅射法）生产低辐射玻璃均先于在线（化学气相沉积法）生产低辐射玻璃。

### （三） 主要技术指标：

1. 可见光透光率在 0.8 左右，能让室内保持良好的采光效果；可见光发射率在 11% 左右，与普通白玻璃相近，可避免造成发射光污染。
2. 表面辐射率在 0.15 以下，可以达到良好的保温隔热性能。
3. 传热系数 k 值范围：1.6~2.2W/m<sup>2</sup>k。

### （四） 技术应用情况：

据不完全统计，目前我国国内包括在线和离线的低辐射玻璃生产线（营运的和在建设的约100条，这些生产线形成了国内目前充足的Low-E玻璃供应能力。并且在玻璃加工技术、建筑节能等方面实现了突破。

目前，低辐射玻璃已应用于各类办公楼、教学楼、商业中心等高档建筑物上，但是使用率不高，仅为8%，远远低于欧、美发达国家的水平。

从应用情况来看，我国呈现出“地区两多一少（即北方地区多、南方地区多，中西部地区少），城市为大都市多、中小城市少（即北京、天津、上海、广州等大都市多，各地中小城镇少）”的现状。

表1 2005-2012年我国镀膜低辐射玻璃应用情况

年份	市场消费/万 m <sup>2</sup>		消费说明	
	国内市场消费总量	其中：进口 Low-E	离线消费/万 m <sup>2</sup>	在线消费/万 m <sup>2</sup>
2005	590	20	440	150
2006	1170	20	785	385
2007	1520	20	960	560
2008	1977	10	1200	777
2009	2570	5	1485	1085
2010	3341	3	1870	1471
2011	5961	2	3019	2942
2012	7183（预计）	1	3500	3683

### （五） 典型用户及投资效益：

典型用户：首都机场 T3 航站楼、中央电视台

1. 建设规模：15 万 m<sup>2</sup> 节能玻璃。主要技改内容：安装 15 万 m<sup>2</sup> 的 Low-E 节能玻璃。节能技改投资额 1200 万元，建设期 2 年。年节能量 4180tce，年节能经济效益为 560 万元，投资回收期 2.5 年。

2. 建设规模：8.6 万 m<sup>2</sup> 节能玻璃。主要技改内容：安装 8.6 万 m<sup>2</sup> 的 Low-E 节能玻璃。节能技改投资额 688 万元，建设期 1 年。年节能量 2400tce，年节能经济效益为 320 万元，投资回收期 2 年。

### （六） 推广前景：

目前，我国每年建成的住房面积达16 亿平方米~20 亿平方米， 约占世界年总建筑面积的一半， 预计到2020 年底， 我国房屋建筑面积为686 亿平方米，其中城市261 亿平方米，建筑规模极其巨大。然而，既有的近430 亿平方米的建筑中95% 以上的为高能耗建筑，新建的也大部分属于高能耗建筑，单位建筑面积的采暖费用约为发达国家的3 倍以上。在公共建筑的全年能耗中，大约50%~60%消耗于空调制冷与采暖系统，而在这部分能耗中，大约20%~50%是由外围护结构传热所消耗。在整个围护结构中，通过玻璃传递的热量远高于其他围护结构。

目前欧美发达国家低辐射玻璃使用率普遍较高，德国接近 100%，英国、美国都在 80%以上；而我国使用率只有 8%，远远低于欧、美发达国家的水平。主要原因是民用建筑市场始终没有打开。

据中国玻璃协会的数据，未来的 5~10 年，中国的节能玻璃将高速发展，平均每年

新增节能玻璃需求约 0.5 亿  $m^2$ ，预计到 2015 年全国 Low-E 节能玻璃推广比例可达到 10%，即 3300 万  $m^2$ 。按照每平方米节能镀膜中空玻璃每年节约 27.86kgce（与白玻中空相比），预计年节能能力可达 95 万 tce。

### （七） 投资效益测算

总投资 26 亿元。

节能能力 95 万吨标准煤。

### （八） 政策建议

1. 由国家发展和改革委员会牵头，会同住房和城乡建设部等部门，启动门窗节能专项工程，整体规划和推动门窗节能工作；
2. 加快起草制定强制性使用 Low-E 节能玻璃的法律法规或政策，以及能够有效落地的实施细则与配套政策等；
3. 建立长效机制，动态提高门窗节能标准要求；
4. 进一步加大 Low-E 玻璃生产设备和加工装备的研发支持力度，推进在线和离线 Low-E 节能玻璃等新型产品生产的成套技术装备的国产化。