

作品名称：传统煤炭优化升级的研究——以新疆为例

作品类别：政策建议类

作者团队：钱宏杰 黄尚文 新疆大学 能动 18-1

指导老师：周兆伦 新疆大学

# 传统煤炭优化升级的研究——以新疆为例

**摘要:** 煤炭作为一种传统能源,在国民经济建设中发挥着重要作用,但随着国际能源经济的发展,传统煤炭需要进一步优化升级。目前我国煤炭主要用于发电,对煤炭资源的开发利用不够全面。因此研究传统煤炭资源的进一步优化升级具有重要的实际意义。本论文以新疆为例,提出了大力发展煤化工,进行传统煤业微生物转化,与周边缺电国家签订长年电力合作协议,和传统煤碳与新能源相结合提高煤炭的利用率,实现绿色发展的建议。

**关键词:** 传统煤炭,煤化工,微生物转化,输电,多能耦合系统,智慧能源

## 目录

第 1 章 绪论.....	3
1.1 研究意义.....	3
1.2 传统煤炭的概述.....	3
1.3 我国传统煤炭所存在的问题.....	4
1.4 国外对煤炭的使用.....	4
1.5 研究目的与研究内容.....	5
第 2 章 新疆本地的煤炭资源情况与开发利用.....	5
2.1 新疆煤炭的基本情况.....	5
2.2 新疆煤炭现阶段的利用情况.....	5
第 3 章 对有关新疆煤业结构调整的建议.....	6
3.1 减少煤炭的开采量与使用量.....	6
3.2 促进新疆煤化工的发展.....	7
3.2.1 新疆煤化工发展存在问题.....	7
3.2.2 促进新疆煤化工发展政策建议.....	8
3.3 新型煤业中的微生物转化.....	9
3.4 售卖电给印度.....	9
3.4.1 印度面临电力短缺.....	9
3.4.2 新疆输电给印度.....	10
3.4.3 合作共赢.....	10
3.4.4 具体计划的实施.....	10
第 4 章 传统煤炭与新能源的结合.....	18
4.1 风光互补—氢气储能耦合煤基能源化工的多能耦合系统.....	19
4.2 智慧能源 分布式能源系统[3].....	20
结论.....	23
参考文献.....	23

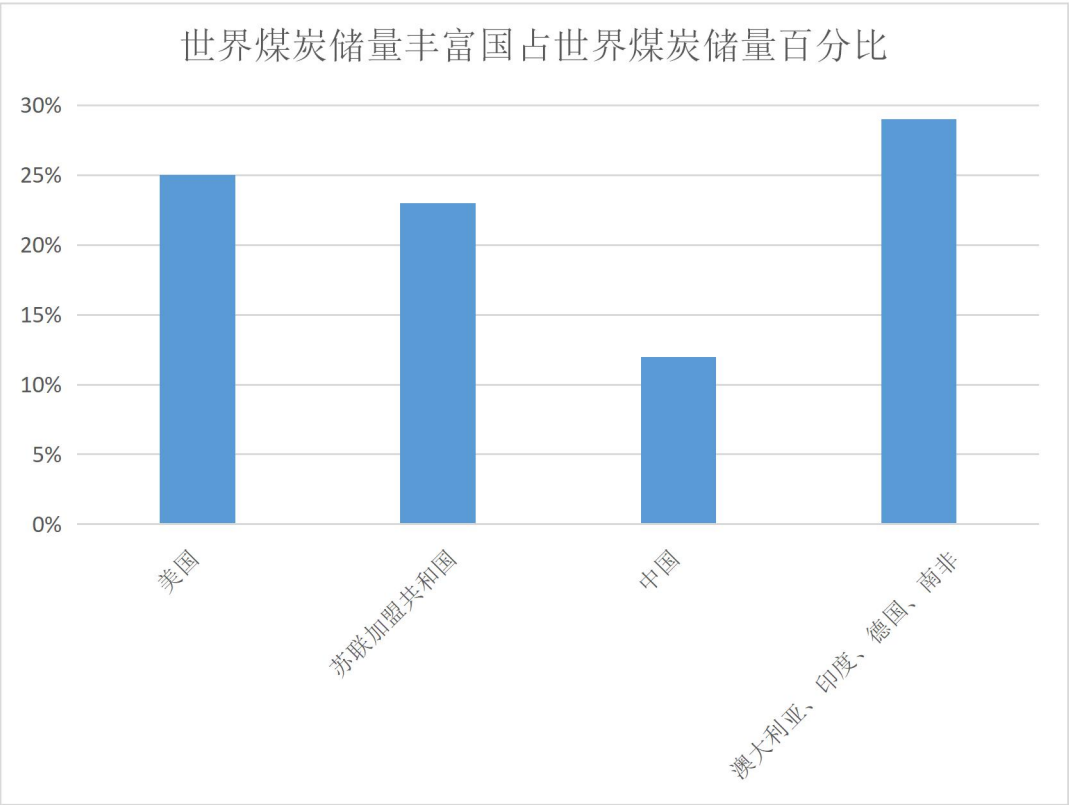
# 第 1 章 绪论

## 1.1 研究意义

近年来一次能源结构加速调整，形成多元格局，传统能源煤炭发展受到极大影响，加之受到国内经济增长方式转变以及节能减排政策的影响，其生存空间被进一步的压缩，因此传统煤炭的转型升级势在必行。

## 1.2 传统煤炭的概述

地球是一个巨大的藏宝库，而煤炭是其中藏有的黑色金子。煤炭是古代植物埋藏在地下经历了复杂的生物化学和物理化学变化逐渐形成的固体可燃性矿物，是十八世纪以来世界使用的主要能源之一。煤炭主要可分为烟煤和无烟煤、次烟煤和褐煤等四类。



上述 7 国或地区的煤炭产量占世界总产量的 80%，已探明的煤炭储量在石油储量的 63 倍以上，世界上煤炭储量丰富的国家同时也是煤炭的主要生产国。

### 1.3 我国传统煤炭所存在的问题

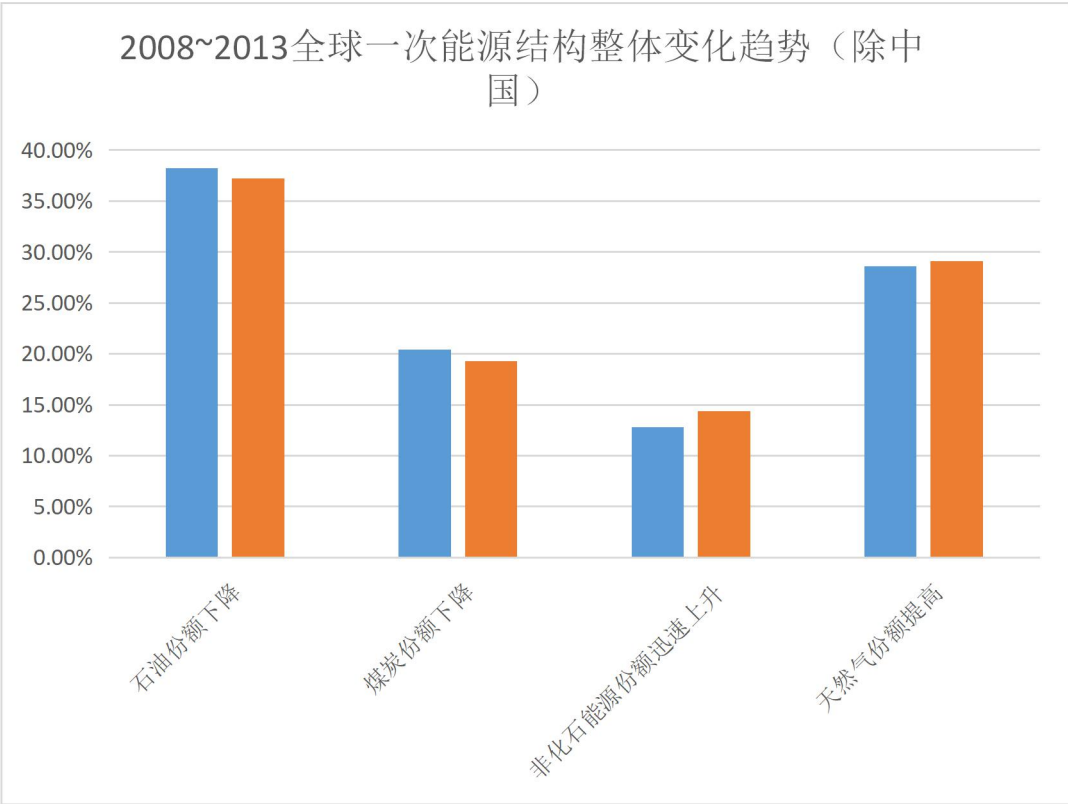
传统煤炭的用途虽然十分广泛，但在开采与使用方面也存在了许多问题。在开采方面会造成地表塌陷、水资源污染、大气污染、地质损坏等问题。

而在使用方面，由于我国的煤炭 85%被直接用于燃烧，致使我国成为典型的煤烟型污染，煤炭燃烧排放大量的二氧化硫，已造成我国 30%的国土面积受酸雨的影响。

### 1.4 国外对煤炭的使用

国外主要利用煤炭发电。美国绝大多数的煤炭用于发电，生产了全国电网 30% 的电力（而我国煤炭的发电量大约为 67%），耗煤过亿吨。管煤炭发电所占比例最大，但由于用电需求放缓、更低价格的天然气和可再生能源技术的广泛应用，这种比例还在下降。随着能源革命的进行，世界主要国家均加速调整能源结构和转变能源开发利用模式，由单一结构向多元、高效的可持续能源结构转型。多国宣布在 2030 年后停止使用煤炭发电。

下表是 2008~2013 年全球一次能源结构调整图



## 1.5 研究目的与研究内容

研究传统煤业的结构转型，怎样合理发展传统煤业，以及传统煤业与新能源之间的结合，以求在未来几十年里做到保护环境，可持续的绿色发展。

研究内容

1. 降低煤炭的使用量，把更多的煤炭用于化工产品的生产，以求达到经济效益。
2. 研究传统煤炭发电与新能源发电的合理规划。

## 第 2 章 新疆本地的煤炭资源情况与开发利用

### 2.1 新疆煤炭的基本情况

新疆煤炭预测储量 2.19 万亿吨，占全国预测储量的四成以上。

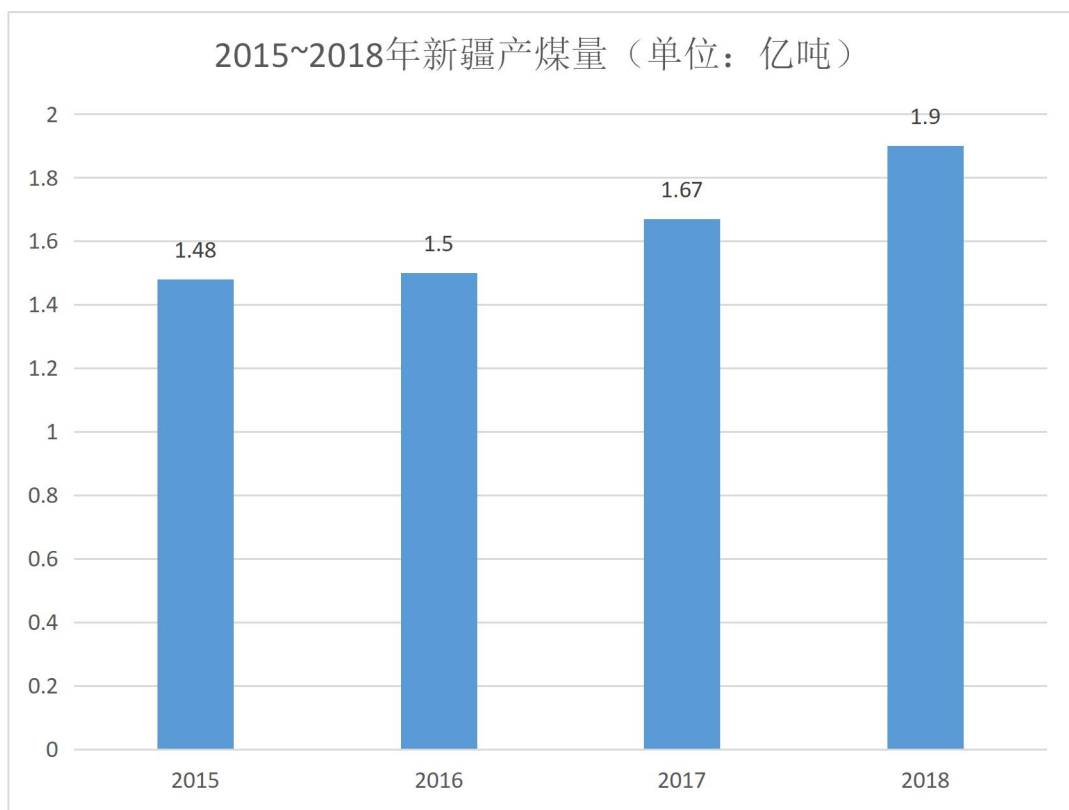
新疆煤系地层主要为中生界侏罗系早、中统煤系，煤系发育，分布广泛，含煤层数多，煤层厚度大，赋存稳定，埋藏浅，构造比较简单，易开采；煤种有气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、弱黏煤、不黏煤、长焰煤、贫煤等多种，发热量高，具有含硫、含磷、含灰分低的特点，属于优质动力煤、煤化、煤制油用煤。主要分布在准噶尔盆地、吐哈盆地、塔里木盆地的北缘、西北缘、西南缘和巴音布鲁克草原的尤尔（鲁）都斯等四大含煤区的各个煤田。按含煤地层所处的地区位置，北疆的伊犁、塔城、昌吉、乌鲁木齐，东疆的哈密、吐鲁番，南疆的巴音郭楞、阿克苏等地、州、市为富煤或较富煤区；北疆的博尔塔拉、阿勒泰，南疆的克孜勒苏、喀什、和田等地、州为缺煤或较缺煤区。在储量分布上，北疆优于南疆。

### 2.2 新疆煤炭现阶段的利用情况

新疆炼焦用煤资源分布的区域比较广泛，主要有乌鲁木齐的艾维尔沟矿区、后峡矿区，阜康矿区、库-拜煤田、哈密的野马泉矿区、尼勒克县、和静县巴音布鲁克、轮台县的阳霞、吐鲁番的艾丁湖等矿区，其余为零星分布。新疆所产炼焦用焦煤主要满足该地区的要求，另有部分出口，外运内地很少，产需基本平衡。

新疆除炼焦用煤外，可作动力煤的煤种占有量约为 90%。新疆动力用煤资源分布的区域广泛。由于长期以来新疆电网为独立电网，无法“西电东送”，加上交通运输的瓶颈限制，新疆动力煤一直处于大资源、小市场的境地。

下图是新疆 2015~2018 年产煤量



### 第 3 章 对有关新疆煤业结构调整的建议

#### 3.1 减少煤炭的开采量与使用量

几年前，随着煤炭产能扩张、产量快速增长，国内煤炭市场消费需求下滑，疆内煤炭消费有限，进口煤大幅增加等多重因素影响下，新疆煤炭市场供过于求局面凸显，与全国形势一样，产能建设超前，市场需求不旺，库存增加，价格下滑，效益下降，企业亏损、经营压力增大，煤炭经济持续不景气，煤炭行业全面陷入困境。

近几年，随着国家不断地对煤炭产业进行结构调整，新疆煤炭产能过剩问题得到了初步解决。伴随着国家的不断发展，国家的能源结构也在持续演变，预计煤炭占比将从 2017 年的 60%下降至 2040 年的 35%。因此为避免新疆煤炭再次陷入产能过剩的局面，同时也为顺应国家能源结构的调整，提议降低新疆煤炭的开采量与使用量。

2018 年中国全年能源消费总量约 46.4 亿吨标准煤，煤炭消费量占能源消费总量的 59%，而要想在 2040 年将煤炭占比降至 35%，在全国总能源使用大体不变的前

前提下,预计全国减少煤炭使用约 18.87 亿吨。而新疆煤炭消耗量在 2017 年约为 1.63 亿吨,预计在 2040 年新疆煤炭消耗量将减少 0.66 亿吨,但参考新疆实际情况,预计实际减少量应少于预估值,但大体上新疆煤炭使用呈递减趋势。

因此为保障其将来供求平衡,需将煤炭的价格控制在一个合理的范围内,最终达到避免行业大起大落和保持行业健康稳定发展的目的。若要做到这些不能仅靠市场自身的调节,而是要市场行政“两手抓”。在市场发挥自我调节作用的同时,国家也要进行相应的宏观调控,制定相应的政策。在国家未来几十年的规划中,煤炭的使用量是不断减少的,因此通过降低煤炭的开采量与使用量,既能把煤炭的价值控制在一个合理的区间之内,又能把煤炭作为战略资源用于化工产业的发展。同时伴随着互联网金融的发展,能源大数据、能源互联网的迅速发展,跨国商务,煤电一体化的开展,和周边缺电国家签订常年电力合作协议,通过我国成熟的特高压技术,向缺电国家输电,保证煤电输出(以印度为例),降低新疆煤电多余产能。

### 3.2 促进新疆煤化工的发展

伴随着我国不断地发展,如何清洁高效地利用煤炭,是煤炭行业必须面对的现实问题。

同时民众出行方式的变化,对液体气体等燃料的需求大幅增加同时,各种石油化工品的需求量不断增加。中国化石资源缺油少气,煤炭资源相对丰富,因此通过煤制化学品,煤制油等煤化工转化。新疆富含丰富的煤炭资源,过去煤炭资源主要用于发电,效率低浪费大,对环境造成严重污染。而今,经过多年的发展,煤化工技术早已成熟,这对于有着丰富的煤炭资源的新疆十分有利。虽然近些年来新疆大力发展煤化工产业,但新疆地区的煤化工产业存在着诸多的问题。这与多方面因素有关。

#### 3.2.1 新疆煤化工发展存在的问题

1. 规模总量有待进一步提升,新疆煤炭资源丰富但本地消纳能力有限,并且由于诸多因素影响,绝大多数煤化工项目仍处于建设阶段,煤炭资源转化率仍较低。
2. 产业结构有待进一步优化,传统煤化工产业比重偏大,产业链短;现代煤化工产业规模相对较小,部分建成项目能源利用率低和水资源利用水平较低。
3. 投资不足,目前虽有数十家国内煤炭煤电煤化工企业进驻新疆,但产业规模总量并未达到预计目标。国家虽计划在 2020 年,实现新疆煤化工产业完成总投资达

3100 亿元，实现工业总产值超 1000 亿元，工业增加值达到 200 亿元的目标。但要达成此目标，还需要国家进一步的引导。

4. 人才的缺少，严重缺少煤化工领域的管理、技术和研发人才，在能源化工支撑新产业发展所需的生产、管理、研发、销售等专业人才力量严重不足。

5. 自然因素，水资源分布不均，呈西多东少南缺的局面，煤化工是高耗水行业，对水资源依赖较高。

首先需要政府对现有煤化工产业进行严格的监管，其次就是煤化工产业本身也要注重节能减排，不能仅为眼前的利益而放弃长远利益。最后，随着新环保法的实施，企业在新疆的环境成本确实加大，因此政府也可在此方面进行相应的调整，尽可能减少企业压力。

### 3.2.2 促进新疆煤化工发展政策建议

1，国家应加大对新疆煤化工的重视。目前新疆的煤化工发展已在国家的“十三五规划”中，若要进一步加大对它的重视，国家可对新疆的煤化工产业制定相应的补贴政策，且补贴标准可呈逐年递减趋势，进而吸引投资。

2，国家应让国内企业认识到国家对新疆煤化工产业的重视，以及新疆煤化工发展的巨大潜力，加大宣传的力度。新疆新型煤化工产业发展的起始阶段正是最好的投资阶段。

3，自治区政府修建水利控制性工程设施，将西水东调南调，积极筹措水源，并在全区范围内统一调配水资源，使煤化工用水需求得到保障。

4，自治区政府大力发展分布式供能系统，结合新疆地区丰富的太阳能、风能、煤炭、天然气等资源促进分布式供能系统的发展，同时推动生物质—煤混合技术发电，降低传统单一火力发电的发电比例；推动各种集群耦合、循环互补的能源系统发展。

5，自治区政府借助一带一路通道，和周边缺电国家签订常年电力合作协议，保证煤电输出，降低新疆煤电多余负荷（例如：向印度出售电力资源）。

6，加快五大煤化工产业基地周边公路铁路的建设。

7，随着新环保法的实施，企业在新疆的环境成本确实加大，因此自治区政府也可在此方面进行相应的调整，尽可能减少企业压力。同时需要政府对现有煤化工产业进行严格的监管，煤化工产业本身也要注重节能减排，不能仅为眼前的利益而放弃长远利益。



8, 煤化工领域人才的引进, 制定政策支持政府、高校、科研单位引进高素质的煤化工专业人才, 提供创新、创业平台, 充分发挥高级人才的作用, 同时, 加强人才的在培养, 不断提高煤化工领域专业队伍的技术水平和综合素质。总之, 新疆新型煤化工在克服上述困难后应能形成完整产业链, 简单的划分就是勘探采集, 集中煤化工以及销售。随着西部大开发和深入“一带一路”战略的实施, 新疆凭借着丰富的煤炭资源和优越的地理位置, 新疆地区的新型煤化工产业将得到巨大发展, 成功实现传统煤炭的转型升级, 促进经济的发展, 实现绿色环保。

### 3.3 新型煤业中的微生物转化

伴随着煤炭资源的综合开发利用, 煤的生物转化技术也越来越受到人们的重视。煤的微生物转化是指利用微生物来降解煤。

即煤在微生物参与下发生大分子的解聚作用, 主要是利用真菌、细菌和放线菌等微生物的转化作用来实现煤的溶解、液化和气化, 使之转化成易溶于水的物质或者烃类气体, 从中提取有特殊价值的化学品及制取清洁燃料、工业添加剂与农作物生长促进剂等, 最终实现煤的溶解、液化和气化。溶煤产物一方面重要应用是煤炭在中国的能源结构中处于绝对主导地位, 煤转化为水溶性的液态产物后, 可作为液态燃料, 且是一种清洁无污染的能源, 清洁燃料的甲烷、甲醇和乙醇等代替部分石油, 作为一种战略能源储备, 对中国国民经济发展意义重大。

利用微生物来进行煤的加工, 费用少, 能耗少, 转化效率高, 但尚未形成规模。

目前的技术还不足以进行大规模的工业生产, 但随着我国的绿色发展理念, 它具有广阔的发展前景。因此建议新疆在进行传统煤碳的结构转型时, 注重这方面的发展, 最好在国家的支持下, 新疆本土来进行有关方面的研究, 新疆煤炭储量多, 品质好有利于研究的进行。

### 3.4 售卖电给印度

#### 3.4.1 印度面临电力短缺

印度是世界四大文明古国之一, 但到 2017 年却还有 3 亿人口没能用上电。而作为基本设施的电力系统过于落后, 已经成为印度经济发展的瓶颈。

### 3.4.2 新疆输电给印度

新疆能源资源丰富，是我国五大综合能源基地之一，具备同时开发煤电、风电、太阳能发电的条件。新疆能源装机量和发电量较高，不能实现全部本地消费，就需要不断扩大电力消纳市场，而印度地区面临着严重的电力短缺问题，可作为新疆大的电力消纳市场。因此建议建设从新疆到印度的特高压输电工程，帮助印度修建电网，共谋发展。

### 3.4.3 合作共赢

建设从新疆到印度的输电工程，对印度来说，一方面加快了印度基础设施的建设，改善了印度的民生。另一方面，促进新疆经济的发展，降低新疆煤电多余负荷量。对新疆而言，疆电外送通道建成后，将推动新疆能源基地集约化开发，推进火电、风电、太阳能发电联合外送，提高资源利用效率，扩大新能源消纳范围，促进新疆资源优势向经济优势转化。

### 3.4.4 具体计划的实施

由自治区政府与印度政府进行接触，计划从新疆准东地区至印度克什米尔地区建设高压输电线路，并帮助印度在克什米尔地区修建电网。部分路线规划图如下



由昌吉到轮台经和田从昆仑山口到达印度克什米尔斯利那加。

中国新疆昌吉州准东地区至印度克什米尔地区斯利那加直线距离约 1674 公里。以下是对该输电工程投资费用，经济性，可靠性及利润的分析。该工程是通过双 12 脉波接线高压输电系统输送额定容量为 3000MV 的输电工程。其中一为投资费用计算方式，二为运行维护计算方式，三为停电损失费用计算方式，四为设备最优的数学模型，五为工程计算分析。

#### 一：投资费用<sup>[1]</sup>

设备投资费用为

$$C_s = \sum_{i=1}^M \{N_{ij} \times C_{ij} \times (1+a)^{P_{ij}} \div [(1+a)^{P_{ij}} - 1]\} \quad (1)$$

式中，M 为设备（直流输电线路，换流变压器，阀组，交流滤波器和直流滤波器等）；

类型总数： $N_{ij}$ 为第  $i$  类设备中第  $j$  种型号的数目； $C_{ij}$ 为第  $i$  类设备中第  $j$  种型号的单台投资现值（即现值单价）； $a$  为贴现率； $P_{ij}$ 为第  $i$  类设备中第  $j$  种型号的使用寿命。

## 二：运行维护费用<sup>[1]</sup>

系统的年运行费用为  $C_m = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_{ij}} S_{ij}$  (2)

式中， $C_m$ 为系统的年运行维护费用； $M$  与  $N_{ij}$ 的含义和式（1）中相同； $S_{ij}$ 为第  $i$  类设备中第  $j$  种型号的运行维护费用。

## 三：停电损失费用<sup>[1]</sup>

直流输电系统的年停电损失费用为

$$C_l = C_{loss} \times FEU \times C_a \times 8760 \quad (3)$$

式中  $C_l$ 为年停电损失费用； $C_{loss}$ 为单位停电损失费用； $C_a$ 表示高压直流输电系统额定容量； $FEU$ 表示强迫能量不可用率。

## 四：设备最优选型的数学模型<sup>[1]</sup>

### 1) 目标函数

$$\text{Min } C = C_s + C_m + C_l \quad (4)$$

### 2) 约束条件<sup>[1]</sup>

（1）系统整体可靠性约束：

$$R_0 \leq R \leq R_l \quad (5)$$

式中， $R$ 为某配置模式下系统的可靠性指标；分别为系统可靠性指标上限和下限。

可靠性指标包括强迫能量不可用率，单级强迫停运率和双极强迫停运率等。

（2）子系统可用率约束：

$$A \geq A_{i0} (i=1, 2, 3, \dots, M) \quad (6)$$

式中， $A_i$  为一定配置模式下第  $i$  个子系统正常工作的概率； $A_{i0}$  为第  $i$  个子系统正常工作的概率的下限。

(3) 系统总投资约束：

$$C_s \leq C_{smax} \quad (7)$$

式中， $C_s$  为系统设备总投资上限。

当然，还可以根据工程需要增加其他经济性和可靠性相关约束。为了方便高压直流输电系统的运行，维护和维修等工作，在规划，设计时同一同一换流站中相同功能的设备常采用同一型号。

## 五：工程计算分析

对双 12 脉波接线高压直流输电系统进行设备最优选计算。表 1~5 分别为换流变压器、阀组、平波电抗器和直流输电线路等各待选型号的可靠性参数与经济性参数。表 6~8 为该工程的约束条件及其他计算参数。

表 1：Y/Y 型接线换流变压器的可靠性参数与经济性参数

型号	故障率/（次/年）	修复时间/h	设备投资费用/万元	设备使用年限 /年
TY1	0.0212	65.78	8000	35
TY2	0.0210	65.78	8500	35
TY3	0.0208	65.78	8700	35

表 2 Y/△型接线换流变压器的可靠性参数与经济性参数

型号	故障率/（次/年）	修复时间/h	设备投资费用/万元	设备使用年限/年
TD1	0.212	65.78	6750	35
TD2	0.0210	65.78	6900	35
TD3	0.0208	65.78	7200	35

表 3 阀组各待选型号的可靠性参数与经济性参数

型号	故障率/（次/年）	修复时间/h	设备投资费用/万元	设备使用年限/年
VA1	0.1456	32.07	41000	35
VA2	0.1454	32.07	41000	35
VA3	0.1452	32.07	41160	35
VA4	0.1450	32.7	41300	35

表 4 平波电抗器各待选型号的可靠性参数与经济性参数

型号	故障率/（次/年）	修复时间/h	设备投资费用/万元	设备使用年限/年
SR1	0.05463	4.92	8800	35
SR2	0.05443	4.92	9000	35
SR3	0.05423	4.92	9300	35

SR4	0.05403	4.92	9600	35
-----	---------	------	------	----

表 5 直流输电线路各待选型号的可靠性参数与经济性参数

型号	故障率/（次/年）	修复时间/h	设备投资费用/万元	设备使用 年限 /年
L1	0.405	7.95	71600	35
L2	0.403	7.95	73000	35
L3	0.401	7.95	73000	35
L4	0.399	7.95	72900	35

表 6 系统整体可靠性指标上限

强迫能量不可用率	单级强迫停运率/（次/年）	双极强迫停运率/（次/年）
0.008	5.0	0.15

表 7 各子系统正常工作概率的下限

换流站	换流变压器子系统	阀组子系统	平波电抗器子系统	直流输电 线路
-----	----------	-------	----------	------------

整流侧	0.995	0.995	0.998	0.990
逆变侧	0.995	0.995	0.998	

表 8 其他计算参数

工程静态投资上限/ 亿元	系统年运行维护费用/ 万元	单位停电损失/【元/ (KW.h)】	贴现率/%
1000 亿元	6000	18	10

注：由于不同型号的同类设备运行维护费用相差不大，系统运行维护费用取为固定值

计及经济性、可靠性的设备最优选型

设 GA 的种群规模为 30，最大代数为 50。表 9 为最优设备选型结果，该选型方案对应的可靠性指标和经济性指标如表 10 所示。

表 9 GA 最优解对应的选型结果

换流站	换流变压器（Y/Y 接线）	换流变压器（接 Y/△ 线）	阀组	平波电抗器	直流输电线路
整流侧	TY2	TD2	VA4	SR1	L4
逆变侧	TY2	TD2	VA4	SR1	

表 10 GA 最优解对应选型方案的可靠性与经济性指标



强迫能量不可用率	单级强迫停运率/（次/年）	双极强迫停运率/（次/年）	综合年费用/万元
0.006084	3.812697	0.065664	406883.4

只计及可靠性的选择方案

若模型只计及可靠性【即模型且目标函数只考虑（4）的第3项】，GA参数按节选择，其选型结果如表11所示，该选型方案对应的可靠性指标和经济性指标如表12所示。

表11 只计及可靠性的最优选型结果

换流站	换流变压器（Y/Y接线）	换流变压器（Y/△接线）	阀组	平波电抗器	直流输电线路
整流侧	TY3	TD3	VA4	SR4	L4
逆变侧	TY3	TD3	VA4	SR4	

表12 表11选型方案对应的可靠性与经济性指标

强迫能量不可用率	单级强迫停运率/（次/年）	双极强迫停运率/（次/年）	综合年费用/万元
0.0060679	3.804627	0.065548	407501.2

只计及经济性的选择方案

若该模型只计及经济性【即模型目标函数只考虑式（4）的第1项和第2项】，GA参数按节节选，其选型结果如表13所示，该选型方案对应的可靠性指标和经济性指标如表14所示。

表13 只计及经济性的最优选型结果

换流站	换流变压器（Y/Y接线）	换流变压器（Y/△接线）	阀组	平波电抗器	直流输电线路
整流侧	TY1	TD1	VA1	SR1	L1
逆变侧	TY1	TD1	VA1	SR1	

表14 表13选型方案对应的可靠性与经济性指标

强迫能量不可用率	单级强迫停运率/（次/年）	双极强迫停运率/（次/年）	综合年费用/（万元）
0.0061141	3.833218	0.065888	407204.6

上述图表分析了该工程的各项设备的可靠性与投资费用。

该工程是一项庞大的工程，可在 11 年内收回投资成本，有 24 年的盈利时间，可为新疆地区带来丰厚的经济利润，仅以该工程为试点。随着清洁能源的大力发展与智能电网技术的不断成熟，特高压技术解决了超远距离电力传输调度问题，随着全球能源互联网的发展，全球能源互联需要世界各国在能源领域进行全方面合作，打破不同发展水平国家间的能源准入壁垒，若该工程成功的实施，将进一步推动能源互联网的发展。与此同时，可借助该实例与一带一路战略相结合，与一带一路沿线缺电国家签订相关电力协议促进新疆电力行业的发展。推动“一带一路”与构建全球能源互联网两大战略的耦合与互动。

### 第 4 章 传统煤炭与新能源的结合

目前能源危机和环境污染是已成为了各国社会和经济可持续发展的主要制约因素之一，化石能源即将消耗殆尽。当前，发展中国家的社会经济发展十分迅速，技术水平不断提高，但经济的发展仍然是以能源消耗、环境污染为代价的，这种发展模式是对这些发展中国家社会经济的可持续发展带来着负面影响。煤炭等化石能源的生产和消费量的增加加重了生态环境的平衡。因此，大力支持和发展可再生的清洁能源是经济的可持续发展与减少和治理生态环境污染的必走之路。

新疆地区目前为止仍以火力发电为主，以新能源发电为辅。但随着煤炭，石油资源的枯竭，为降低环境污染，新疆地区应减少煤炭发电的使用量。近些年来随着氢能发电技术的成熟，生物质能技术的成熟，分布式供能系统<sup>[2]</sup>的发展和成熟，这些技术对于水资源分布不均却富含丰富煤炭资源的新疆地区可全面推广运用。同时 SOFC 作为未来发电的战略高技术，世界各国都非常重视。经过几十年的研究积累，已经取得了很大进步，发达国家已经对多量级的 SOFC 发电系统进行了广泛的示范运行。碳基燃料固体氧化物燃料电池可直接使用固态焦炭和煤等。SOFC 发电技术在新疆地区大规模的推广可促进新疆地区煤炭产业的发展。随着风光互补—氢气储能耦合煤基能源化工的多能耦合系统<sup>[3]</sup>技术的成熟，该系统产生的氢能于分布式供能系统息息相关，该耦合系统有与分布式能源系统相结合可促进未来能源氢能的大规模发展，有利于新疆传统煤炭的优化升级。

#### 4.1 风光互补—氢气储能耦合煤基能源化工的多能耦合系统

整合风电、光伏、氢储能及煤化工资源，建立风光互补—氢气储能耦合煤基能源化工的多能耦合系统，该系统包括：风光互补系统、电能分配系统、氢储能系统、气体分配系统、煤化工系统、余热利用系统以及甲醇/二甲醚、 $O_2$ 与 $H_2$ 混合发电系统。该系统可在新疆五大主要产煤基地推广。以新疆地区吐哈煤炭基地为例，根据哈密地区密能源产业发展现状，有助于解决“弃风弃光”问题，促进就地消纳能力，同时降低煤化工对环境的污染，氢能还可以应用到未来新能源汽车等产业，最终促进新疆能源产业的健康可持续发展。该系统首先将风光互补系统进行整合，并进行优化设计，根据风能及太阳能情况，对风光系统产生的电能实时调控，经过逆变器后，一部分用来并网，另一部分转化成交流电用来电解水产生 $O_2$ 和 $H_2$ ， $O_2$ 作为气化介质送入气化炉， $H_2$ 一部分可以作为新能源汽车的燃料加以利用，另外部分还可以作为甲醇原料气与气化炉生产的富碳合成气掺混，将 $H_2/CO$ 调整至甲醇/二甲醚生产的合适比例，然后经过合成反应器、分离器，再精馏，最终生产出合格的甲醇/二甲醚，一部分可以作为化工原料，另一部分作为燃料与 $O_2$ 和 $H_2$ 构成混合发电系统。另外，在煤化工系统的分离器处的弛放气可以再利用，作为热源加热空气，热空气作为动力推动小型汽轮机发电，作完功的乏气可以用来供热、给系统部件保温。和传统煤基甲醇生产系统相比，采用风电、光伏电解水生产 $O_2$ 和 $H_2$ ，一方面省略了昂贵且高能耗的空分装置；另一方面 $H_2$ 用于掺混富碳合成气进行调比，同时根据煤种进行少量的变换过程，大大减少富碳合成气的变换量，进而有效减排 $CO_2$ 。利用 $O_2$ 和 $H_2$ 储气罐来平衡不稳定的风电、光伏，煤化工生产也相对稳定。

多能源系统的优势风电、光伏及氢储能耦合煤基甲醇生产集成的多能源系统是一个多赢的能源系统，优势如下：（1）充分合理地利用了大规模的风电、光伏，通过集成甲醇、风电、光伏项目，有效地解决风电、光伏上网难和备用等问题。（2）梯级利用 $H_2/CO$ ，煤中碳元素的大部分和电解水的氢氧元素的全部进入甲醇产品，对环境、生态的干扰和影响降低到最小。该系统适合运用于吐哈煤炭基地，这样不但可以提高水资源的利用率，同时降低二氧化碳的排放量，降低对环境的污染。

下表是耦合煤基甲醇生产集成的多能源系统优势

$CO_2$ 排放量降低率	单位煤耗甲醇产量增加率	单位甲醇的耗水率降低
25%	>67%	33%

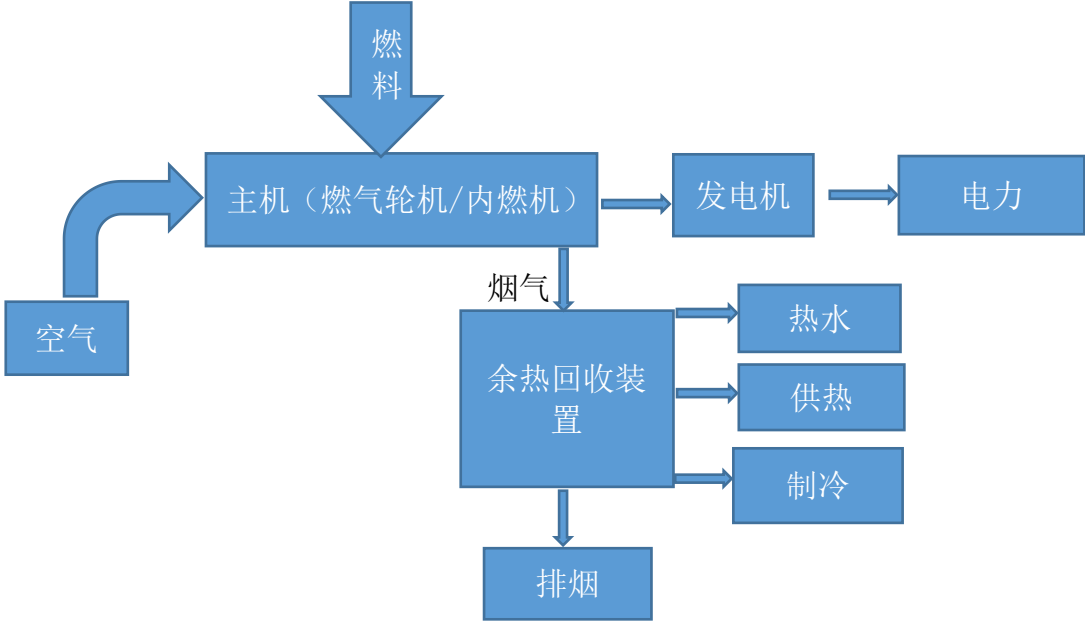
由表可知该系统不但实现了“绿色”生产甲醇/二甲醚同时对煤、风、光资源丰富而严重缺水的吐哈煤炭基地意义重大。

4.2 智慧能源 分布式能源系统

分布式能源系统：直接面向用户，按用户的需求就地生产供应能量，具有同时供电、热、冷等多种功能，是新一代的供能系统。

按能源形式划分，分布式能源涵盖风力发电机组、燃料电池、太阳能光伏、热力发电机组等。其中以小型燃气发电机组余热锅炉等设备组成的小型热电联产系统与 SOFC 相结合非常适应新疆地区以兵团建设发展的实际情况。同时分布式能源系统与 SOFC 的结合也适用于新疆边远地区供电，使新疆地区丰富的煤炭资源就地利用，降低煤炭产能。

分布式能源指分布式供能系统中的能源发生、转化、储存装置，包括微型原动机、微电源及储能装置等各种静止或旋转设备。如图所示

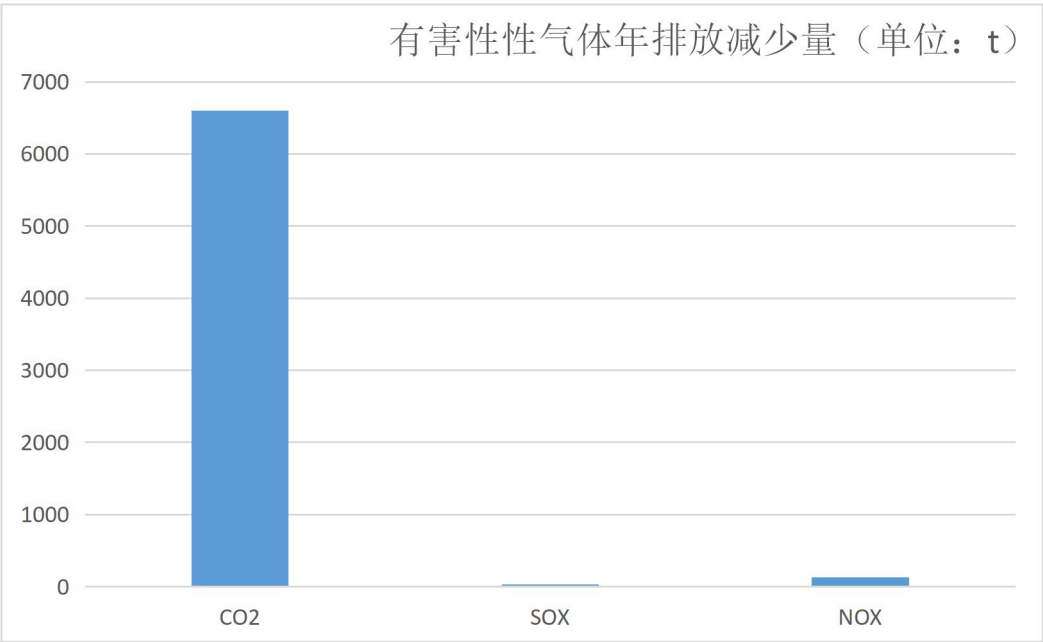


主要发电方式能源利用率对比

大型燃煤火力发电厂	燃气轮机联合循环系统	分布式发电系统
30%~40%	<55%	60%~90%

新疆地区地广人稀，分布较为稀疏，要形成一定规模的、强大的集中式供配电网需要巨额的投资和很长的时间周期，能源供应严重限制了地区经济的发展。分布式发电系统的为新疆地区各种丰富的自然资源利用提供了新的途径，同时大幅度提高了能源利用率及降低碳和污染空气的排放物，促进了新疆煤炭的转型，同时实现了绿色发展。同时运用分布式冷热电联供技术代替火力发电 1MW 发电

优势如下图所示



有效减轻了大气污染，促进了经济的可持续发展。

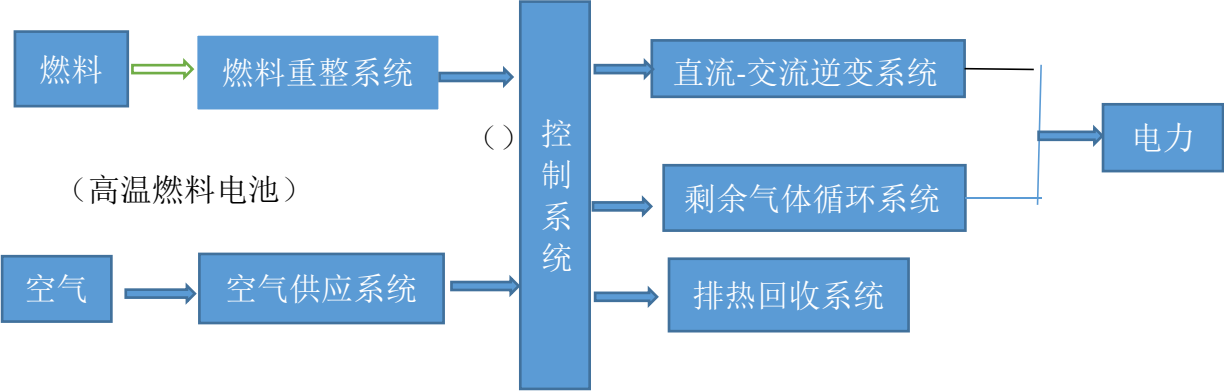
新疆地区冬天需要大规模供暖，部分偏远地区仍还在使用散煤供暖，夏天需要大规模制冷，可积极发展热电冷联供系统。热电冷联供系统减少了燃煤的使用。

分布式能源系统节能率为 20%~40%，1GW 装机可以实现节能 850kt 标准煤，环境排放可达到欧 V 标准，同时也减少了 1/3 的 500KV 输电系统建设投资，还可以提高其他煤电机组的全年运行效率；缓解经济发展给新疆电网带来的巨大压力，有利于新疆电网的安全、经济运行。

新疆地区具有丰富的太阳能、风能、煤炭、天然气等资源，高度适应分布式系统的运用。分布式发电与新疆地区的太阳能发电，风能发电，火力发电，燃料电池发电相结合，可全面促进新疆传统煤炭的转型升级，实现低碳绿色环保。

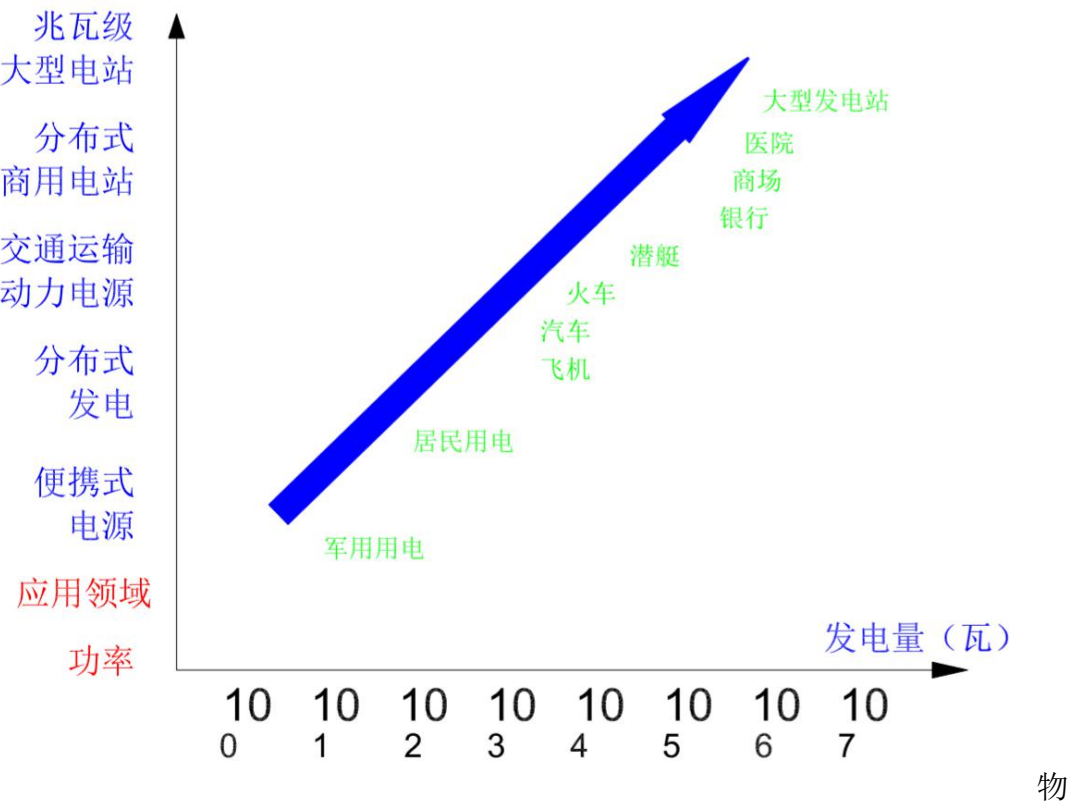
#### 燃料电池发电系统

燃料电池不同于传统的火力发电，其发电效率比火力发电效率更高，可以持续发电，对能源的利用率比传统火力发电高，污染小。



燃料电池发电装置的系统构成图

碳基燃料固体氧化



燃料电池运用领域

SOFC 特点

(1) 燃料适应性广 (2) 发电效率高 (3) 发电成本低 (5) 环境污染少 (6) 静音设备 (7) 模块化结构 (8) 运用领域宽，覆盖从几瓦到数百兆瓦

燃料电池的优势

燃料	氢、天然气、煤	可用率/%	95
规模/MW	0.2~2	大修间隔/h	10000~40000
热回收形式	热水、低、高压蒸汽	启动时间/h	3~8
输出热量/ (MJ/KWH)	0.5~3.9	燃料表压/kPa	3.4~310

可用热量温度/℃	60~10 <sup>3</sup>	噪音	低（不需要隔离）
发电效率（依低位发 热量）/%	40~70	NO <sub>x</sub> 排放/ （kg/MWh）	<0.023
初装费/（元/kW）	>25000	维护费（元/KWh）	0.02~0.12

由上表可知，SOFC 与分布式能源系统的经济性，适用性，环保性等适应新疆地区能源发展，解决新疆部分边远地区供电难的问题。燃料电池发电系统的大规模推广，碳基燃料固体氧化技术在新疆地区的运用可提高煤炭与焦炭的利用率，创造更高的经济价值，实现绿色发展。

## 结论

通过对传统煤业的研究，以上几种建议应能在一定程度上缓解新疆煤炭产能过剩问题，促进新疆煤业的优化升级。

## 参考文献

- [1]谢开贵，胡博 超（特）高压直流输电系统可靠性评估、优化及运用. 南方电网科学研究院有限公司 著 科学出版社出版
- [2]中国先进能源技术发展概论 国家高技术研究发展计划（十一五 863 计划）先进能源技术领域专家组 编著 中国石化出版社出版
- [3]胡 伟<sup>1</sup>，史瑞静<sup>1</sup>，谢晓光<sup>1</sup>等，樊小朝<sup>2</sup>新疆哈密地区风光互补、氢储能耦合煤化工多能系统研 doi:10. 3969/j. issn. 1009 —3230. 2017. 03. 003( 1. 新疆工程学院电力工程系，乌鲁木齐 830000;2. 新疆大学电气工程学院，乌鲁木齐 830000)

