

# 油页岩资源开发提速

■本报记者 李惠钰

石油被誉为“工业的血脉”。随着传统石油资源日渐匮乏，非常规油气资源的开发被提上日程，而一种能榨出油的石头——油页岩，尤其受青睐。

不久前，我国规模最大的油页岩产业基金——吉林省众诚油页岩产业投资基金在长春宣告成立，基金首期1亿元资金募集将于6个月内认缴到位。民间资本的涌入再加上官方的投资，“两条腿走路”的油页岩产业正在提速。

业内专家认为，随着油页岩地下原位开采技术的进一步完善，油页岩将成为国内资源开发与投资的新宠。

## 石油资源的重要替代

油页岩也被称为“油母页岩”，是一种高灰分的含可燃有机质的沉积岩，不仅可以通过干馏法炼制成油页岩油，并获得汽油、柴油、柴油等多种石油化工产品，还可作为燃料用来发电、取暖和运输，也可生产建筑材料和化肥等。

世界油页岩资源主要分布于美国、俄罗斯、中国、爱沙尼亚等国家。为了提高油气产量，许多国家都在积极尝试对油页岩的开发利用。油页岩也以资源丰富和开发利用的可行性而被列为21世纪非常重要的接替能源。

中国科学院院士李廷栋说，油页岩作为常规油气的重要接替或补充资源，在全球资源战略中的地位日益彰显，开发油页岩有利于满足我国石油需求、降低对进口石油的依存度。

根据国土资源部油气资源战略研究中心(2014)评价结果，我国油页岩资源量为972.2亿吨，折算成可提炼的油页岩油为164.3亿吨，累计探明储量1082亿吨，探明程度11.1%。

中国石油大学(北京)地球科学学院院长曾贇辉教授告诉《中国科学报》，自2000年以来，我国油页岩油产量总体进入了快速增长阶段，从2005年以来一直位居世界第一，2015年达到了83万吨，为历史新高。2018年，全国油页岩油产量统计为74万吨。

曾贇辉表示，目前我国正在重点开展油页岩开发利用，各企业不仅在单一炼油或单一发电方面寻求新的先进技术，同时也在油页岩综合利用方面不断完善，力求对油页岩及其产品高效、完全地利用。

可以说，油页岩是当前具有广阔发展前景的重要能源，不管是其开发还是利用都蕴含巨大的潜能。青海煤炭地质一〇五勘探队工程师严刚告诉记者，就目前来看，全球的油页岩储量



油页岩将成为国内资源开发与投资的新宠。

十分丰富，比石油资源储量多50%以上，并且其分布也相对集中，有利于对其进行有效开发与利用。

不过，严刚同时指出，油页岩开采工艺复杂，开采成本较高，再加上环保等问题的影响，其开发与利用的过程中还存在很多质疑与问题。因此，对我国油页岩储量、资源量以及经济效益等进行科学合理评价，是促进油页岩开采行业顺利稳定发展的重要基础。

## 亟须清洁高效开采

截至目前，几乎全球所有油页岩的开采都如同采煤一样，开采到地面再进行利用。曾贇辉介绍，从油页岩制取油页岩油的加工技术主要分为地面干馏技术。地面干馏是指油页岩经露天开采或井下坑道开采运输至地面，并经过破碎筛分至所需的粒度或块度，再传输至干馏炉内，经加热低温干馏生成油页岩油、油页岩气及页岩半焦等。

根据干馏的不同方法，油页岩干馏还可进一步分为外热和内热蒸馏。外热蒸馏是指将油页岩通过炉壁输送到炉内，从而加热干馏；内热蒸馏则是在炉内与油页岩直接接触，然后实现油页岩的热解。

## 点点和路径。

“新一轮电力体制改革有助于进一步发挥市场机制在电力体制中的作用，并适应了建立清洁能源系统的需要。”国家能源局原新能源和可再生能源司副司长梁志鹏在研讨会上说，“但目前中国电力市场并不完善，例如统一、开放、竞争、有序的电力市场机制有待建立，交易价格有待完善、监管能力有待提高，法律法规尚不健全等。因此，学习欧盟经验有助于我们的提高。”

而在提及水电与火电如何同台竞争时，梁志鹏表示，我国水电、风电、光伏发电等可再生能源利用率显著提升，“弃水”“弃风”“弃光”状况得到缓解。

“针对‘弃水’等问题，我们还提出通过两次出清计算，处理弃水量的最大程度消纳问题。”清华大学教授夏清说，“此外，我国需要推进跨省区电力现货市场建设，在更大范围内配置资源，实现异构市场融合，全面推进能源互联网的高质量发展。”

“长期以来，中欧在清洁能源和电力市场方面的合作成绩斐然，加强中欧能源市场比较研究，有助于推动双方清洁能源转型。”Stamate说。

该研讨会由中欧能源合作平台主办。该平台是落实2019年4月发表的《第二十一次中国—欧盟领导人会晤关于落实中欧能源合作的联合声明》启动的旗舰项目，旨在巩固中欧能源对话成果，推动中欧在能源政策、能源行业改革、监管等方面开展交流与合作。

源领域的决心，中国石化与上海期货交易所联手创造条件，快速启动期货商品注册工作，由中国石化炼油销售有限公司统筹齐鲁石化、茂名石化、镇海炼化、上海石化、金陵石化等5家中国石化沥青重点企业积极准备，推动建立一个全面参与、品质优异、质量稳定的能源期货品种。此举将有利于石油沥青期货市场更加合理、有效地回归现货市场价格，使社会客户可以合理利用期货、现货两个市场采购沥青产品。

(计红梅)

# 中欧携手推动清洁能源与电力市场改革

## 资讯

### “东海牌”石油沥青登陆上海期货交易所

本报讯 10月31日，上海期货交易所发布公告，同意中国石化炼油销售有限公司“东海牌”70号A级道路石油沥青注册。这标志着中国石化作为国内最大沥青生产商成功登陆上海期货交易所，“东海牌”石油沥青也成为中国石化首个上海期货交易所注册商品。

石油沥青期货是与国际原油市场结合最为紧密的商品期货之一。我国的石油沥青期货合约自2013年上市以来已成为国内期货市场中非常活跃的期货品种。为响应国家扩大开放能

### 山西发布能源革命领域招标项目

本报讯 记者日前从山西省科技厅获悉，为聚集国内外优秀创新资源，联合攻关能源革命领域关键核心技术难题，该省近日面向国内外高校、科研机构、科技型企业及其联合体，发布第二批11项能源革命领域揭榜招标

术的研究，即不开采油页岩矿石，而是通过地下原位加热油页岩，将有机质(干酪根)裂解成“油”和可燃的“燃气”，然后将油气导出地表。

目前，壳牌、埃克森美孚、EGL等公司都在进行原位开采的工业试验，其中壳牌的电加热原位开采技术相对成熟。“壳牌的关键技术是通过把热量直接引入地下，从而加热地下的油页岩层，使油页岩中的固态有机质受热裂解，形成可在地层孔隙中流动的液态和气态有机质(即油气)。然后，将这些油气采集并输送到地面进行分离处理。这样，不必把地下的岩层挖掘到地面就可以得到油页岩油。”曾贇辉介绍说。

近年来，我国先后有吉林省众诚油页岩投资开发有限公司(简称众诚油页岩公司)和吉林大学实现了油页岩原位开采技术。早在2014年7月，众诚油页岩公司就成功从地下300米深的油页岩层开采出我国第一桶原位技术油页岩油。

中国工程院院士康玉柱等多位专家认为，众诚油页岩公司原位开采技术的初步成功，是我国油页岩原位开采技术的首次重大突破，也是一项自主创新的重大成果，开辟了油页岩原位开采的新途径，具有里程碑意义。

曾贇辉表示，原位开采技术一方面可以避免油页岩开采后在干馏装置内加热时产生的废水、废气和废渣所导致的环境污染，另一方面可以开采中深部(大于500米以上)的油页岩，实现资源的最大化利用。该技术通过对油页岩进行缓慢加热，使得油气成熟的自然进程提前了好几十年。

不过，原位开采技术仍然存在一定问题。曾贇辉指出，要利用地下转化工艺技术开发油页岩层，首先要从地面向下钻许多用于不同目的的井。有的井用于向下输送热量，有的井则用于采集生成的油气并输送到地面，还有的井用于监测温度、地下水动态等。这就不可避免地加大了开采成本，有可能造成开发困难，可行性低、开发难度大。

也有专家表示，壳牌的电加热原位开采技术虽然相对成熟，技术可行性也得到了验证，但对于大规模工业应用仍具有一定局限性，主要表现在加热井距小、加热时间长，不适合层薄、含油率低、有断层、有顶底水层等油页岩储层。然而，这些问题并不影响业界对地下原位开采技术前景的期望。抚顺矿业集团总经理韩放表示，根据其几十年的建矿实践经验，全国地上干馏油页岩油年产量约100万吨，只有利用地下原位技术才能实现油页岩大规模开发。

## 原位开采技术受关注

为推动油页岩大规模绿色开发利用，国际各大石油公司不断加强油页岩地下原位开采技

# 岳光溪：与“晋华炉”20年的故事

■本报记者 沈春蕾 程春生

“创新，实际上是站在巨人的肩膀上，不断地对原有技术的问题开展研究，一步步前进。当技术进步积累到一定阶段，技术有了换代式的进步，才能称作创新。”近日，中国工程院院士、清华大学教授岳光溪在2019年太原能源低碳发展论坛之煤炭能源的清洁高效利用分论坛上如是说。

这番关于创新的感悟源自岳光溪带领的清华大学技术团队与山西阳煤集团在煤气化技术上的长期合作。他告诉《中国科学报》，“这项合作我们开展了近20年，才有了今天看到的成果——被称之为‘国之重器’的晋华炉，并为煤炭能源清洁高效利用找到新路径。”

## 为什么要做煤气化

当年，清华大学教授张绪伟提出了循环流化床温和气化的概念，其目标主要指向我国中小城镇煤气供应。1993年，师从张绪伟的岳光溪继承了老师的衣钵，成为课题组负责人，主要从事循环流化床的研究。

2000年，随着国家工业化发展进程的推进，岳光溪敏锐地察觉到煤化工发展将成为战略需求，而煤气化技术是煤化工的龙头。当时，我国具有自主知识产权、适合中国国情的煤气化开发工作刚刚起步。于是，他安排刚刚毕业留校的博士张健胜，从循环流化床研究领域转向大规模煤气化领域。

岳光溪说：“煤化工的第一步就是煤的气化，所产生的一氧化碳和氢气是后续化工流程的原料。所以煤气化，特别是近代的大规模高压煤气化技术，是煤化工的龙头技术。在整个煤化工流程里往往是煤气化流程的好坏，决定了整个煤化工流程的可靠性和经济效益，所以是关键性瓶颈技术。”

国际上形成的大规模煤气化技术有两类：一类是壳牌公司开发的高压纯氧干粉煤气化技术，第二类是GE—TEXACO的高压纯氧水煤浆煤气化技术。

2000年开始，岳光溪团队启动煤气化技术基础研究。研究得出了两个结论。第一，煤气化的基本化学反应就是燃烧领域的欠氧燃烧反应。“所以我们研究燃烧的团队有能力进入煤气化研发领域，而且还有煤化工领域所不具备的燃烧工程经验可以借鉴。”岳光溪说。第二，相对而言GE—TEXACO的水煤浆气化技术更为成熟可靠，因此应当选定水煤浆气化技术作为开发的高起点。

自此，团队首先引进了燃烧领域的分级送风火焰调控概念，提出了分级给氧水煤浆气化技术，解决了原有GE—TEXACO技术中的喷嘴寿命短的问题，形成了第一代清华煤气化技

术。而后团队又引进了燃烧领域的模式壁冷却和气体火焰点燃水煤浆火焰的概念，解决了原GE—TEXACO技术的煤种适应性窄、点火时间长、热绝缘耐火砖腐蚀严重等一系列缺点，开发出清华第二代水煤浆模式壁气化技术。

近年来，清华团队又引进燃烧领域辐射换热经验，将气化炉产生的热煤气和熔渣的热量加以回收，生产蒸汽，将气化炉的能效极大地提高了一步，将单纯煤气化炉变成煤气蒸汽联产炉，形成了清华第三代煤气化技术(晋华炉)。

## 怎样将产学研结合

“我在吕梁岚县工作了6年，和山西有很深的感情。”因为有着这样的情缘，岳光溪对山西的科技企业发展格外关注。

自2000年开始，岳光溪带领团队同时与阳煤集团和太原锅炉厂建立了紧密、长期的产学研合作关系。岳光溪团队与太原锅炉厂先后开发了三代循环流化床燃烧煤气化技术，将太原锅炉厂的产值从几千万元提高到2019年的近20亿元，产品占据了我国热电供热市场40%以上的份额。与此同时，与阳煤集团的产学研合作同样形成了三代煤气化技术，第三代晋华炉销售量居全国第一。

通过与企业合作，岳光溪深刻体会到产学研是我国基础工业的必经之路。“只有通过产学研合作才能将基础研究创新通过企业变成产品和生产力。只有通过产学研合作，科研单位才能知道科研的方向和着力点。”

山西也有着产学研结合的迫切需求。新中国成立70年来，山西省累计生产煤炭192亿吨，占全国产量的四分之一以上，覆盖全国三分之二的省份。但是，对煤炭的过度依赖，也给山西省的生态环境带来了严重破坏。山西省副省长贺天才指出：“推动煤炭产业实现转型升级，对山西省的发展至关重要。”岳光溪团队与阳煤集团合作开发煤气化技术、与太原锅炉厂合作开发循环流化床清洁煤燃烧技术是山西产学研合作的两个典型示范。

## 为何称其“国之重器”

资料显示，在山西省2800多亿吨的煤炭储量中，高灰、高硫、高灰熔点的“三高”劣质煤占三分之一。多年来，一些煤化工企业对“三高”劣



岳光溪

质煤的气化“束手无策”。究其原因，一方面是国内技术落后，另一方面是花巨资引进国外的气化和装置常常出现“水土不服”。

在此基础上，岳光溪带领的产学研用团队，解决了GE—TEXACO气化技术的痼疾，最终形成的清华第三代气化技术满足了山西“三高”煤气化的需求。

“晋华炉的技术突破让困扰多年的‘三高’劣质煤的气化问题迎刃而解。”岳光溪介绍说，晋华炉让煤炭清洁高效利用实现了重要突破，并且创造了两个全球第一：一是将“水煤浆+膜式壁+辐射式蒸汽发生器”进行组合，成功实现工业化；二是将原气化炉通过改造直接升级为更高效、可靠的联产炉，打破了国外技术垄断。

今年4月，在瑞士举办的第47届日内瓦国际发明展上，“专吃”高灰、高硫、高灰熔点劣质煤的晋华炉被评为中国煤化工行业“国之重器”，并获得金奖。此前，在2018年度中国煤炭工业协会科学技术奖的评选中，晋华炉备受专家青睐，摘得唯一的特等奖。

当记者问及晋华炉为何被称为“国之重器”时，岳光溪的回答是：“我们不仅掌握了自主知识产权的核心技术，并且在技术水平上已经超过了国外。晋华炉在煤化工这个涉及我国能源安全的领域具有举足轻重的作用，所以堪称‘国之重器’。”岳光溪表示，前进的脚步不会停止，晋华炉4.0正在紧锣密鼓的研制中。

谈及与阳煤集团的合作，岳光溪颇有感触：“我们前后改进了三代技术，积累了丰富的煤气化技术经验，也借鉴了其他领域的经验，促成了煤气化技术的进步，证明学科交叉是传统工业进步的一个捷径。”

## 百叶窗

在寻找清洁电力的过程中，芬兰的电力公司正在以一种褐色的方式向绿色转变，并将目光投向了一种此前未被开发的能源：动物粪便。

在近日芬兰赫尔辛基国际马展上由国际马术联合会(FEI)举行的世界杯马术障碍赛资格赛期间，100吨粪便被装入两个大集装箱，用手推车运到雅文帕发电厂焚烧。

据5年前发起“马能”项目的能源公司Fortum介绍，由此产生的150兆瓦的电能足以给为期4天的整个展览提供电力，其中一些电能还将用于为芬兰首都的家庭供暖。

“芬兰有这么马多，当然世界各地的马更多，所以如果我们能把所有的粪便都转化成能量，那将会非常神奇。”Fortum公司的Krista Hellgren说。该公司称，两匹马每天产生的粪便可以为一个家庭提供一年的热量，而200毫升的量就足够给手机充电了。

与此同时，芬兰另一家电力公司也呼吁公众将宠物的粪便交给他们。芬兰万塔能源公司(Vantaan Energia)通过贴纸和在线活动呼吁狗主人“给便便一个新生命”。只要将它们扔进垃圾箱，它们就会每天和其他垃圾一起抵达一个巨大的垃圾焚烧厂。

“踩在上面不太好，把它烧了作为电能和热能的燃料更好。”万塔能源公司生产总监Kalle Patomeri说。

尽管每天焚烧的家庭垃圾有1000吨，狗粪只是其中的一小部分，但Patomeri表示，狗粪有助于以有限的排放和剩余废弃物产生有效的能源。借此，万塔能源公司希望在两年内实现无煤发电。

这种由粪便转化为能源的做法受到了驯狗师玛丽安·迈耶的欢迎。她积极支持这一做法。她说，她的客户名单上有50只狗，其每周粪便的“产量相当大”。如果不对它们加以利用，这些粪便就可能被丢弃在森林的地面上，或被扔进生物质废弃物中。

“终于有人对它们采取行动了，它们将会变成能源。”对此，她非常高兴。“鉴于我们需要化石以外的其他能源，这将是非常积极的努力方向。”

(计红梅编译)

# 清洁能源家族新成员：便便发电