CHINESE
NATIONAL
GEOGRAPHY

RMB38元/HK$45元
国内统一刊号:CN11-4542/P
邮发代号:2-806
www.dili360.com

中国国家地理

能源山西 特辑



|综述|

表里山河 能动华夏

|大地基底|

山西：能源中国的基底

从量变到“智变”：能源大省的绿色生机

|能源未来|

天然气为何备受青睐？

黄土地层藏乾坤，在山西寻找煤层气

神安管道：中国最长煤层气输送大动脉

|能源岁月|

采气人的荒野故事

山峁沟壑，记录抉择和足迹

ISSN 1009-6337





山河大地
藏着人类发展需要的能源

人类社会发展的历史，亦是一段对自然能源的开发、利用、创新、求变的历程。从木柴、煤炭到石油，再到天然气、煤层气、致密气，更有了太阳能、风能、核能、潮汐能等等，以及未来可期的热核聚变，发展的动力需求、对科学的认知和对自然的责任，促使人类一步步发展新的、更高效的、更清洁的能源。在中国，山西作为中国重要的能源基地之一，跨越煤炭的时代，人们在地层中寻找着面向未来的清洁能源。黄土塬垄，承载着中华文明的悠久和厚重，大地之下，更蕴涵着未来的希望。摄影 / 贺子毅

06 综述



表里山河 能动华夏

The Great Mountains and Rivers, the Key Energy Source in China

撰文 / 范晓　摄影 / 李晓斌 等

山西，这片黄河和太行山左右环抱、山地和盆地交织的土地上，黄土堆积深厚，形成了山西的颜色——黄。黄土之下，远古的大地运动，孕育了极为丰富的煤炭（包括煤层气）等资源，构建了山西这一化石能源的“大府之国”。汾河、沁河和桑干河流域，先民繁衍生息，造就绚烂文明之光，长城从北部蜿蜒而过，守护着家国。故土厚重，人文渊薮，能源资源丰富，成就了山西的样貌。

36 大地基底



山西：能源中国的基底

Shanxi: the Base of Energy of China

撰文 / 胡森林　摄影 / 薛冬 等

能源研究者胡森林从中国能源格局的大视角着手，讲述了山西传统煤炭资源的发展背景，再现了山西能源构成、资源分布等方面的优势，以及他们在新型能源方面的探索和努力。

38



从量变到“智变”：能源大省的绿色生机

From Quantitative Change to Intellectual Change: A Epochal Shift to Green Energy in Energy Province

撰文 / 林淙　摄影 / 杨伟胜 等

56

64 能源未来



天然气为何备受青睐?

Why is Natural Gas Highly Favored?

撰文 / 蒋殊
摄影 / 潘斌 等

66

煤层气

来自地球内部，温暖千家万户

From the Interior of the Earth, Coalbed Methane Supports Thousands of Households

撰文 / 朱光辉 刘彦成　绘图 / 王静雯 等



74

effylife
微信

80

104

神安管道

中国最长煤层气输送大动脉

Shen'an Pipeline: China's Longest Coalbed Methane Transportation Artery

撰文 / 陈璐　供图 / 中联公司 等

118 能源岁月

采气人的荒野故事

The Wilderness Stories of Energy Workers

撰文 / 朱干华　供图 / 中联公司 等



120

山峁沟壑，记录抉择和足迹

The Continental Rlateau and Gully Record Choices and Footprints of Energy Workers

撰文 / 王芳　摄影 / 贺子毅 等

一个煤层气区块的开发开采少则几年，多则十多年。山西临兴所辖区块总面积超2300平方公里，目前探明地质储量超1010亿立方米。在这千亿方的背后，是一群年轻的非常规油气人的岁月与抉择。

144

少有人会走的路

They Choose a Road that Few People Will Take

采访 / 尔东　摄影 / 倪拥军 等

154





effylife
微信

太行山始于河南济源，止于北京，加上余脉，长达千里。如此一个平均海拔达千余米，连绵不断地雄踞于华北平原和山西黄土高原之间的山脉，自然如一道天然的地理屏障，阻隔或者说是围护着东西两地。所以清代地理学家顾祖禹称它为“天下之脊”，山西与河南、河北之间的省界，多沿太行山的主脉而走。只有接近这个主脉，穿越这个地形上的“转折线”，或从东侧山麓向西上溯，或横跨主脉向东下行，才能真正体会到太行山作为“山”的险峻与壮观。巉岩、悬崖、奇峰、幽峡，几乎集山美之大成，汇山景之大观。

山西

在山西这片黄河、太行左右环抱，山地和盆地交织的土地上，黄土堆积深厚，形成了山西的颜色——黄。黄土之下，远古的大地运动，孕育了极为丰富的煤炭（包括煤层气）资源，构建了山西这一化石能源的“天府之国”。汾河、沁河和桑干河流域，先民繁衍生息，造就绚烂文明之光，长城从北部蜿蜒而过，守护着家国。故土厚重，人文渊薮，丰富资源，勾勒出山西的样貌。

表里山河 能动华夏

撰文 范晓
摄影 李晓斌 等

山西高原是有黄土覆盖、起伏较大的

山地型高原

山西疆域轮廓呈东北斜向西南的平行四边形，西侧临黄河，东、南侧依太行，位于我国三大阶梯状地形上第二阶梯中部的前缘地带，巍然屹立于华北大平原西侧。高原内部起伏不平，河谷纵横，地貌类型复杂多样，有山地、丘陵、台地、平原，山多川少，山地、丘陵面积占全省总面积的八成。在地质历史中，山西高原作为一个断块整体抬升，连绵的太行山如同一道天然的长城，拒马河、滹沱河、漳河、沁河等水系，横切过太行山，形成沟通西部高原与东部低地之间的峡谷，成为重要的交通孔道。

绘图 / 王岩

地质史诗，山河表里

山西现代地貌的基本格局，定型于距今三百多万年以来上新世晚期至第四纪的新构造运动，它既与欧亚板块与印度板块碰撞、导致青藏高原隆升有关，也与太平洋板块与欧亚板块碰撞、导致中国东部一系列盆地与山脉的形成有关。

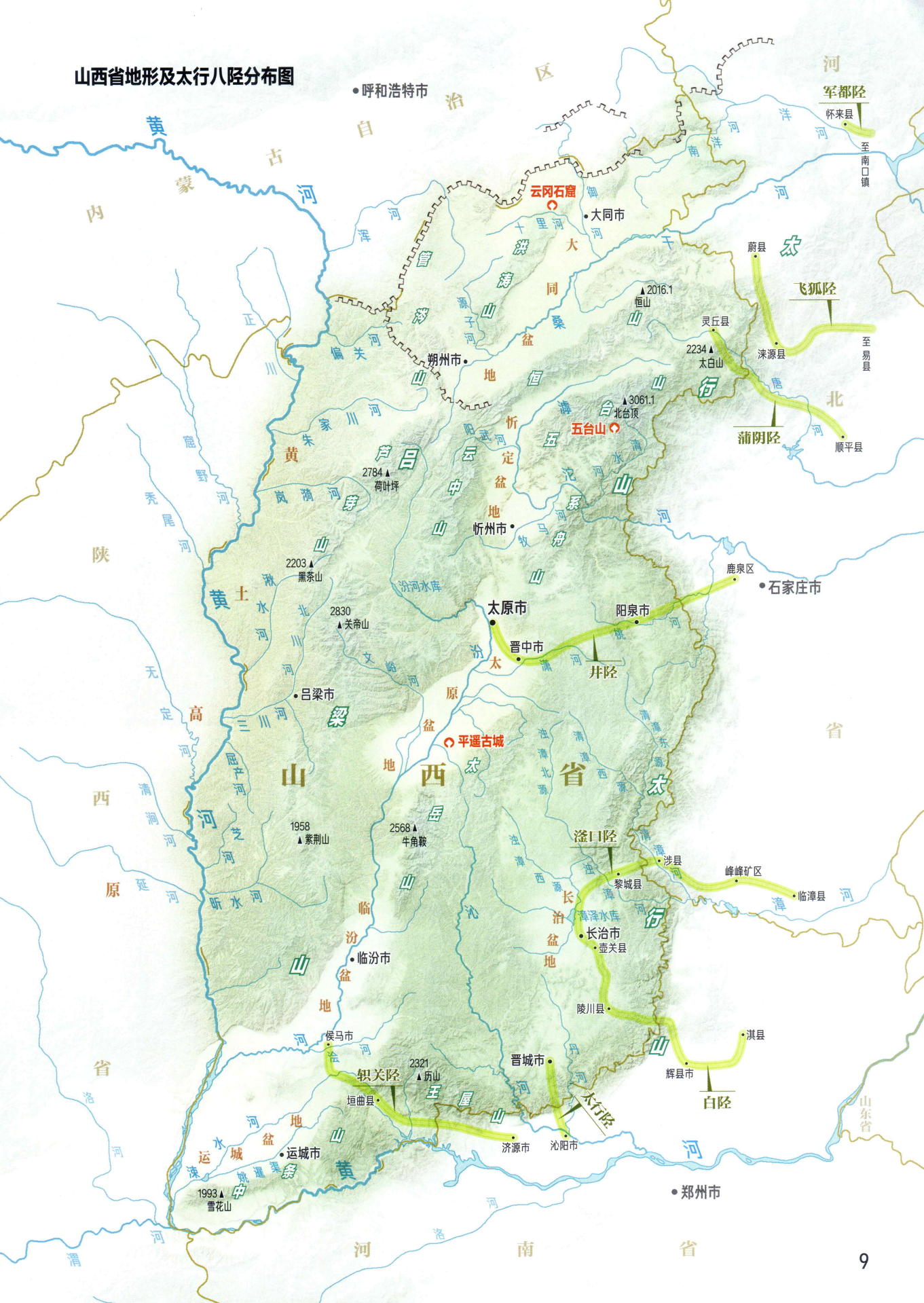
在中国三级地形阶梯中，山西属于最高的青藏高原和最低中国东部平原之间的第二级地形阶梯，人们或称之为山西高原，或把它划为黄土高原的一部分。虽然相对于东边的华北平原，山西的平均海拔要高得多，整体上的确是一个高地，但它并非一个完整的高原，实际的地貌格局要复杂得多。

如果说山西相对华北平原曾经是一个整体抬升的地块，那么这个地块在几百万年以来的抬升中发生了破裂，地块中部相对沉陷，形成夹在东西两侧连绵山脉之间的盆地带。

因此，山西的地貌大势可以“两垒夹一堑”来概括：“东边之垒”是包括恒山、五台山在内的广义的太行山；“西边之垒”是黄河东岸的管涔山—吕梁山；两垒所夹的地堑盆地带，由北向南依次为大同盆地、忻定盆地、太原盆地、临汾盆地、运城盆地。这些盆地的海拔高度，由北向南逐渐降低，由大同盆地的1000米至1100米，经忻定盆地、太原盆地的800米至900米，向南至临汾盆地的400米至600米、运城盆地的330米至360米，这既和黄河由鄂尔多斯高原南下，至山西南部进入汾渭平原的地势降低有关；也与晋北地区处在内蒙古高原、鄂尔多斯高原、坝上高原之间，属广义的内蒙古高原之南缘，地势较高有关。

山西中部的断陷盆地带，各个盆地之间有隆起的高地相分隔，盆地延伸的长轴方向皆成东北—西南走向，因此这些盆地总体上呈斜列的方式排列，就像空中的雁阵之一列，所以在地质地貌上也被称为雁列或雁行状排列，这是因为地块受断裂影响在水平方向发生扭动所致。从水系来看，大同盆地、忻定盆地分别有海河水系的桑干河、滹沱河由西向东流出，太原盆地、临汾盆地、运城盆地，有黄河水系的汾河、涑水河由北向西南流出。

这些看似并不连通的盆地，在地质历史中水系却可能相通。例如，地质地貌的研究表明，忻定盆地的滹沱河与太原盆地的汾河曾经相连，滹沱河曾经是汾河上游的一段，约在距今两三百万年的上新世末至更新世初，曾经由北到南贯穿山西中部的汾河地堑，因构造挤压和断块抬升，发生了多处局部隆起，从而把古汾河地堑分隔为忻定、太原、临汾、运城多个盆地，而太原与忻州之间的石岭关的隆起，使原


山西省地形及太行八陉分布图
呼和浩特市
大同市
云冈石窟
朔州市
忻州市
五台山
北台顶
3061.1
恒山
2016.1
灵丘县
蔚县
涞源县
2234
太白山
飞狐陉
蒲阴陉
顺平县
至易县
军都陉
怀来县
至南口镇
鹿泉区
石家庄市
太原市
阳泉市
晋中市
井陉
吕梁市
平遥古城
2784
荷叶坪
2203
黑茶山
2830
关帝山
1958
紫荆山
2568
牛角鞍
滏口陉
涉县
黎城县
峰峰矿区
临漳县
长治市
壶关县
陵川县
临汾市
侯马市
晋城市
2321
历山
轵关陉
垣曲县
运城市
1993
雪花山
济源市
沁阳市
太行陉
辉县市
淇县
白陉
郑州市
黄河
汾河
沁河
漳河
清漳东源
清漳西源
清漳北源
浊漳西源
浊漳南源
漳泽水库
沁水盆地
运城盆地
临汾盆地
太原盆地
忻定盆地
大同盆地
晋城盆地
长治盆地
吕梁山
太行山
中条山
太岳山
恒山
五台山
黄土高原
陕西省
河南省
山东省
内蒙古自治区



先的汾河在这里被切断，忻州以北的河段被滹沱河袭夺，转向东流。

以山西中部的这个盆地带为轴线，以由北向南穿越山西中部的黄河左岸大支流汾河定向，习惯上称山西的地势为“左手太行，右手吕梁”，这是有道理的。太行山、吕梁山也不是一般意义上的山地，而是幅员广阔的山原。以太行山为例，在山西境内的东西方向宽度可达400多公里，故号称“八百里太行”，山上有起伏和缓的山原面，也有长治、晋城这样的高位盆地，因地势高亢，所谓“与天为党”，故历来又称“上党”。

吕梁山、太行山也处在中国黄土高原的最东部，但与陕北、陇东比较，因受山西中部断陷盆地带的分割，以及黄河、海河水系的切割，山西的黄土地形较为破碎。在太行山，黄土主要覆盖在山原高处，残留为一些黄土塬地或有黄土堆积的宽谷；山西较完整的黄土地貌主要分布在吕梁山，这里有大面积的黄土塬，以及由黄土塬、黄土峁、黄土梁等构成的黄土地貌组合，使晋西成为可与陕北、陇东并称的中国黄土高原的三大主体区域。

先秦史籍《左传》在描述晋国（今山西境内）的地利时说：“战也。战而捷，必得诸侯。若其不捷，表里山河，必无害也。”其中的“表里山河”，指的是外有黄河，内有太行诸山，山河为屏障，天险可倚。自此，“表里山河”也常



常用来代指山西。

山西不仅有山、河天险地利，而且诸山环抱的汾河—涑水河（临汾—运城）盆地与相邻陕西渭河平原、河南河洛平原，水土丰饶，宜耕宜居，共同构成了华夏文明的起源与发祥之地。

许多大山脉都是大河流域的分水岭，例如秦岭成为长江流域与黄河流域的分水岭，天山成为塔里木盆地与准噶尔盆地的内流水系的分水岭。有意思的是，纵贯山西的大山脉——太行山、管涔山—吕梁山，仅管涔山—吕梁山是西流入黄河的偏关河、岚漪河、蔚汾河、湫水河、三川河、屈产河、昕水河等与东边的汾河水系的分水岭，而滹沱河、漳河、沁河等大河

九曲回肠，峡谷深邃

太行山是中国曲峡最为发育的山脉

由于太行山是山西高原—内蒙古高原边缘强烈抬升的断块山，因此具有了形成曲峡的良好条件。有意思的是，虽然太行山巍峨高耸，却并不是河流的分水岭，太行山的河流水系是横穿山脉而过的。借助山西高原和华北平原之间的巨大地势反差，流经太行山的众多河流径直横切了太行山主脉，由此也形成了许多幽深的峡谷。上图为山西阳城县的沁河峡谷，一条铁路“洞穿”了峡谷一侧太行山嶂石岩地貌的岩层，为封闭的峡谷带来巨大的变化。河流深切的曲峡，再加上峡谷两侧典型的石灰岩地貌，台壁交错，谷幽峰奇，形成气势恢宏的大峡谷，由此也构成了北方山水景观的典型之作。摄影 / 秦红宇

流却在山西境内横穿太行山主脉，向东或东南流入华北平原或河洛平原。这是因为，如果山脉一侧是强烈上升的断块山，另一侧是地势低下的平原，那么，水往低处流的巨大势能以及河流溯源扩展的强大动力，是任何高山都难以阻挡的。

正是由于太行山与华北平原之间的巨大地势反差，才使太行山主脉被流向东部平原的诸多河流所横切。这种情形，在喜马拉雅山也可以看到：雅鲁藏布江、朋曲河、吉隆藏布、印度河等横穿喜马拉雅山主脉，直下南亚次大陆平原。

由于诸多河流横穿太行山，因此也形成了山西高原—内蒙古高原与华北平原之间的天然通道，其中主要的通道历来被称为太行八陉，由南向北依次为轵关径、太行径、白径、滏口径、井径、蒲阴径、飞狐径、军都径。其中，从轵关径到蒲阴径的六条径道，皆属于穿越晋豫或晋冀，沟通山西高原与河洛平原、华北平原的重要通道。径，不仅是横切山谷的通道，也因其扼交通要冲，常常设有径关及其关城，成为历来通商、战争的关隘、要塞，因此也是历史大事件、历史故事集中发生之地。例如，秦军下轵关径攻河内平原、齐侯由白陉西进伐晋、韩信在井陉背水一战，等等。

山川开合，乌金似海

说到山西，很容易让人联想到，这是盛产煤炭的能源之乡。山西籍作家赵瑜在报告文学《中国的要害》中，描述山西尤其是晋东南的煤炭时曾说：“物产丰盛，以煤为极饶。……而这都是什么样的煤哟！一干净，二火旺，三无烟，俗称‘香煤净炭’，亦称‘兰花炭’，自古驰名，畅销中外，许多国家的皇室王宫，专

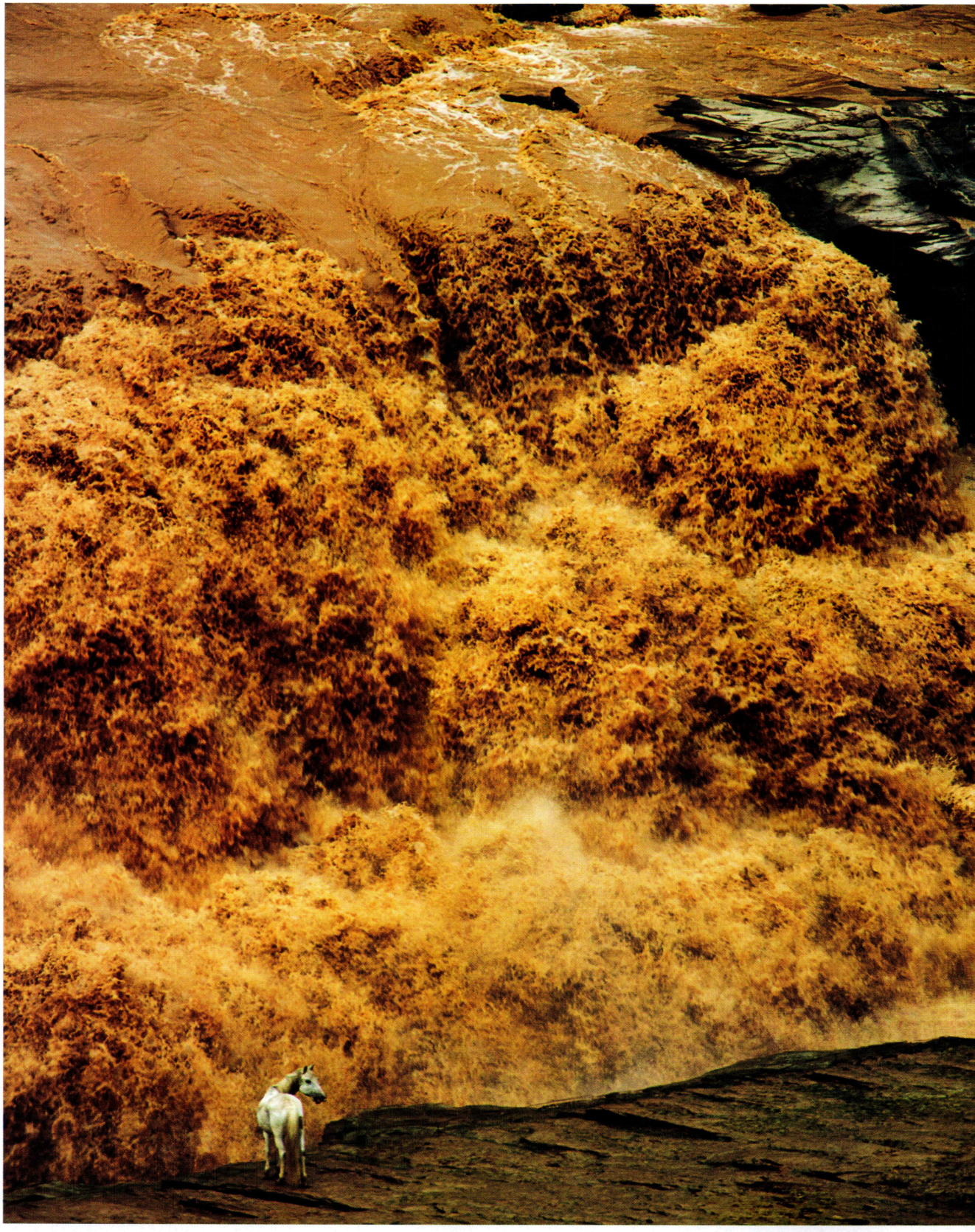
太行八陉，是连接华北平原和山西高原的古代“国道”

仔细观察太行山主脉以西的高原，会发现它基本上是由凸起的石灰岩山丘与黄土覆盖的平地或洼地这两种微地貌单元组成的。城镇、村落以及耕地多集中在平整的塬面上或切割不深的开阔谷地中，太行八陉曾经是重要的军事关隘和古人进行迁徙、贸易、军事活动的通道，连接着华北大平原。明代将内长城延伸到了娘子关和固关，这也是太行山明长城的最南端，它们都处在井陉与太行山主脉相交的地方，东距离石家庄不过30公里，历史上“冀通衢要冲”地位可见一斑（摄影／康志良）。下图为山西高原上的黄土塬垄地貌（摄影／吕凤霄）。



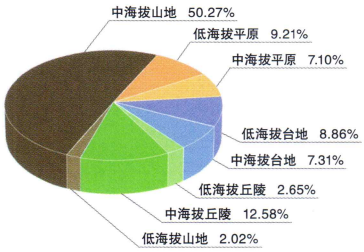






黄河晋陕大峡谷

浓缩了黄河文明与厚重黄土文化



山西不同地貌类型国土面积构成

左页图：从偏关县的老牛湾，到垣曲县的马蹄窝，黄河拥着山西，流经了山西19个县，全长960多公里。晋陕大峡谷中的黄河河床最窄处如壶口仅30至50米，河水形成巨大的黄色瀑布，声势浩大。壶口瀑布这处黄河澎湃奔腾的形象，已成为中华民族精神的象征（摄影／涂向东）。

下图：晋陕大峡谷左带吕梁，右襟陕北，深切于黄土高原之中，构成了黄河干流上最长的连续峡谷，谷深皆在100米以上，山环水绕出一个个巨大的蛇曲地貌，峡谷的弯曲之美在这里展现得淋漓尽致（摄影／王坚毅）。



门选它烧壁炉，英国女皇就迷信这个。”

煤矿的形成，是植物被埋藏后，随着地壳沉降，在温度压力较高的地下深处完成的。本质上，它是被埋藏的植物以及沉积的泥沙压实、脱水、变质的过程。并且，因为成岩时温度压力等环境的差异，可以形成变质程度深浅不同、含碳量高低不同的烟煤、无烟煤的诸多品种。虽然，现在的人们可以通过深井开采地下深处的煤矿，但煤矿的最早发现与开采，都始于在地表出露的煤层。而煤层从形成到出露于地表，无不依赖于地壳运动的沉降与抬升，以及地表地貌的巨大变化。

正因为在晚近地质时期，山地断块上升、盆地断块沉陷，山西山川的大开大合，才使丰厚的煤藏得以在山地中以及盆地边缘暴露出来，给人们发现、索取、利用这天赋之宝提供了便利。例如，在山西规模最大的沁水煤田，横穿太行山流向华北平原、河洛平原、太原盆地的桃河、漳

河、沁河、潇河等的河谷地带，也是最为密集、开采历史最悠久的煤矿分布地。

中国有一句老话叫“南水北调”，同样还有一句老话叫“北煤南运”，这两句话都反映了中国南方和北方在资源禀赋上的差异。在中国北方，从内蒙古、山西、陕西、至新疆的弧形地带，几乎集聚了中国规模最大的所有煤矿。它让人联想到中东，看似不毛的大沙漠，地下却富含液体黄金般的石油；而在中国北方这片辽阔的土地之下，也有一个浩瀚的乌金之海。

在中国北方的乌金之海中，山西的煤炭资源无疑举足轻重，煤炭保有资源储量2709.01亿吨，占中国的17.3%，居中国第三；而山西的煤炭开采量向居全国第一，年产原煤8亿吨至10亿吨，约占中国煤炭开采总量的30%。山西的平朔安太堡煤矿、同塔山煤矿、斜沟煤矿，可列入中国十大煤矿之中，其中平朔安太堡露天煤矿的开采量长期在中国排名第一，它的煤层平均厚度可达30米，年产原煤超过3000万吨，即使按每年开采1亿吨计算，还可开采200年。山西省的面积虽然只有中国面积的1.67%，但生产了中国25%的煤炭、40%的焦炭。目前，山西向中国的28个省区4000多家企业长期供应煤炭，说山西是驱动华夏的能源之乡，毫不过分。



当然，赵瑜提到的“香煤净炭”，只是品种丰富、用途齐全的山西诸多煤种之一——优质动力无烟煤，它主产于规模巨大的晋东南沁水煤田，而在太岳山西侧的霍西煤田、黄河东岸沿吕梁山分布的河东煤田、太原盆地西侧的西山煤田、汾河上游至大同盆地西南缘的宁武煤田、大同盆地西北侧的大同煤田等另外的几大煤田中，还盛产主要用于冶金、化工的优质焦煤、肥煤、瘦煤、气煤等烟煤品种。除了上述六大煤田，还有规模略小的浑源、广灵、繁峙、灵丘、五台、平陆等煤产地，它们共同造就了山西75%的土地之下都含有煤炭的“遍地乌金”格局。

汾河是山西的母亲河

滋养出了早期的中华文明曙光

汾河古称“汾”（汾者，大也），黄河第二大支流，被两条南北走向的山脉（太行山、吕梁山）紧紧夹峙，造就了一个狭长的冲积平原——汾河平原，它包括北部的太原盆地和南部的临汾盆地。这两个盆地土壤肥沃，灌溉发达，一直是山西重要的粮、棉产区，吸引了早期人类在此繁衍生息。这一点已被考古发现不断证实，比如流域内出土的旧石器时代文化遗址（如襄汾丁村遗址）和新石器时代文化遗址（襄汾陶寺遗址）等。摄影 / 王坚毅





值得注意的是，太行八陉涉及山西境内的太行径、滏口径、井径，既是山西最重要的煤产地，也是最重要的晋煤外运的咽喉要道。1907年建成的正（定）太（原）铁路，正是为了满足晋煤外运并依井径道而建，它也是包括京汉、京张、汴洛、滇越等在内的清末建成的中国首批铁路干线之一。后来，1996年建成通车的山西第一条高速公路，也是中国第一条山区高速公路——石（家庄）太（原）线之山西段，也是沿井径道而行，并承担了晋煤外运的重要功能。由晋城南下河南的太行径，历来也是晋煤外运的交通瓶颈。现在，由上党地区南下东出的二广、晋新、陵侯、平长、青兰等多条高速公路，已为晋煤外运提供了方便快捷的通道。

得天独厚，沧桑蕴矿

煤炭的生成则依赖于地质时代特殊的古地理环境。首先要有茂盛的森林植被；其次由于环境变迁，树木大量死亡并在其氧化分解之前就被迅速堆积、埋藏，封闭在泥沙堆积层中，随着埋藏深度逐渐加



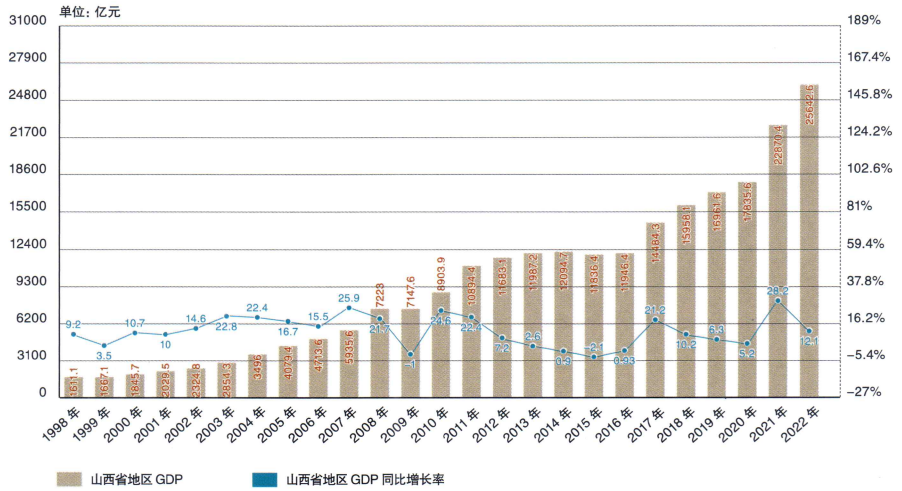
山西预测煤炭资源总量虽然不是全国最多，但得天独厚，几乎拥有所有种类的煤，而且优质煤的质量和数量在全国乃至全世界都属上乘。从手工采煤的小煤窑，到现代机械化大煤矿乃至世界最先进的露天煤矿，今天的山西浓缩了中国近一个多世纪以来的采煤历史。左图为露天煤矿中，巨型载重卡车正在等待装运煤炭。摄影 / 吕凤霄

山西省三分之一的地下埋藏着煤 中国四分之一的煤来自山西

要的煤矿几乎都分布在这两个时期的地层中，但也并非这个时期的地层都含煤，而是要看当时是否存在最有利于植物生长、最有利于植物埋藏成煤的自然环境，而山西省在这些古地理条件方面得天独厚。

在石炭纪至二叠纪时期，山西处在海水频繁进退、海陆不断交替的古陆边缘的低凹滨海平原，包括有河口三角洲、沼泽、潮坪、潟湖等环境，既有含海相生物纺锤虫等化石的石灰岩层，也有含大量植物化石以及煤层的陆相页岩与砂岩层。其中的滨海三角洲及其沼泽，是最佳的成煤环境，这个地质时代分布于山西的植物化石群落被称为华夏植物群。

华夏植物群在东亚广泛分布，是与欧美植物群、安加拉植物群、冈瓦纳植物群



1998 年 –2022 年山西省地区 GDP

大、温度压力增高，经过漫长的成岩变质过程，死亡的植物转化为煤。

山西的煤层集中在距今约3.5亿年至2.5亿年前的石炭纪至二叠纪，以及距今约2亿年至1.5亿年前的侏罗纪这两个地质时段的地层中。这两个时段也是地球历史中十分重要的成煤时期，虽然中国最重

并称的晚古生代全球四大植物群。华夏植物群形成于晚石炭世早期、绝灭于二叠纪末期，植物主要包括石松、科达、真蕨、种子蕨、楔叶等，其中最重要的成煤植物是石松下属的多种鳞木类高大乔木。根据华夏植物群的植物种类分析，反映的是温暖潮湿的类似热带雨林气候，而且主要是



沼泽环境的产物。由于地球板块是在不断移动的，山西所在的地质板块当时应该还处在北半球低纬度的位置，而且山西可能位于华夏植物群起源和繁盛的中心。这一时期的煤层在山西全省都有分布，以晋东南的沁水煤田规模最大。

侏罗纪时期的煤层主要分布在山西北部的宁武、大同煤田，当时是伴有火山活动的内陆湖泊环境，气候温湿，保存下来的植物化石非常丰富，有属于石松、银杏、苏铁、松柏、带蕨、种子蕨、真蕨等的植物至少约40属、100余种，它们被称为早—中侏罗世的Coniopteris-Phoenicopsis（锥叶蕨—拟刺葵）植物群。根据其植物类型与组合，Coniopteris-Phoenicopsis植物群被认为是一个以高大的银杏纲、松柏纲等木本植物为主，林下生长着喜阴草本真蕨纲植物，具季节性变化的暖温带—温带植物群。这个植物群也是包括山西北部在内的、中国北方最重要的侏罗系煤层的贡献者。与晚古生代石炭—二叠纪的华夏植



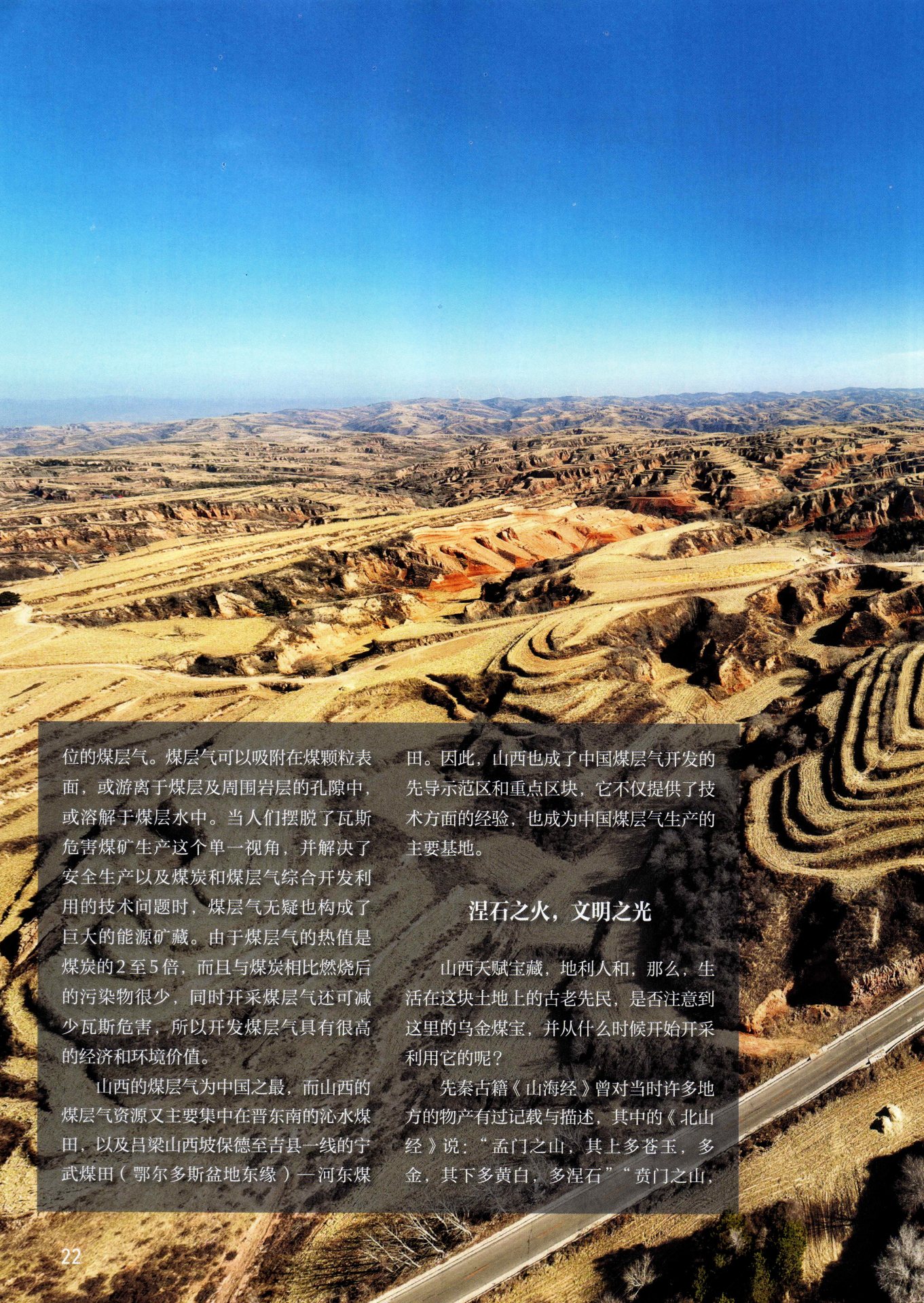
山脉佑护、流水滋养
汾河流域是黄土高原上
一处颇为特别的“天府之国”

山西高原上的吕梁、太行诸山脉不仅能提供黄土高原特别稀缺的木材和其他矿产资源，还是天然的屏障、堡垒。黄河和汾河河床低，人们不会受到大的水灾威胁，盆地中土地肥沃，汾河流域南部又紧挨着运城的盐池，提供了人们需要的盐分。但“两山夹一河”也导致汾河流域平原面积较小，太原盆地和临汾盆地的面积加起来只有1万平方公里，不如关中盆地（近4万平方公里），更不如四川盆地（26万平方公里）和华北平原（30万平方公里）。左图为汾河上人工水库形成的景观（摄影／郑玉全），下图为吕梁山景观（摄影／翟鸿宇）。

物群比较，可以发现，因为板块运动，此时山西以及华北所在的地质板块，已向北移动到纬度更高的暖温带区域。有幸的是，山西仍然位于这个时期对成煤极其有利的森林带以及沉积盆地所在的区域。含煤地层中火山沉积物的存在，表明这个时期，植物的大量死亡以及被掩埋，也可能与火山爆发以及火山灰的快速堆积有关。

人们熟知，煤层中往往伴生有瓦斯，而瓦斯实际上就是产在煤层中的天然气，它的成分和常规天然气一样也是甲烷，这种赋存于煤层中的天然气，人们也称之为煤层气。作为能源大省，山西煤矿矿藏极其丰富，因此也有了资源储量居中国第一





位的煤层气。煤层气可以吸附在煤颗粒表面，或游离于煤层及周围岩层的孔隙中，或溶解于煤层水中。当人们摆脱了瓦斯危害煤矿生产这个单一视角，并解决了安全生产以及煤炭和煤层气综合开发利用的技术问题时，煤层气无疑也构成了巨大的能源矿藏。由于煤层气的热值是煤炭的2至5倍，而且与煤炭相比燃烧后的污染物很少，同时开采煤层气还可减少瓦斯危害，所以开发煤层气具有很高的经济和环境价值。

山西的煤层气为中国之最，而山西的煤层气资源又主要集中在晋东南的沁水煤田，以及吕梁山西坡保德至吉县一线的宁武煤田（鄂尔多斯盆地东缘）—河东煤田。因此，山西也成了中国煤层气开发的先导示范区和重点区块，它不仅提供了技术方面的经验，也成为中国煤层气生产的主要基地。

涅石之火，文明之光

山西天赋宝藏，地利人和，那么，生活在这块土地上的古老先民，是否注意到这里的乌金煤宝，并从什么时候开始开采利用它的呢？

先秦古籍《山海经》曾对当时许多地方的物产有过记载与描述，其中的《北山经》说：“孟门之山，其上多苍玉，多金，其下多黄白，多涅石”“贲门之山，

塬、峁、墚、沟下面，有着无尽的矿藏

进入了黄土高原，天高地远，黄土厚重，平顶的塬、浑圆的峁、一道道墚、一条条沟，黄土地貌扑面而来。此间降水少，土层厚，沟壑纵横，农业出产并不丰厚。而从另一个侧面看，黄土高原却并非视野所及的那些沧桑色彩，广袤的厚土下，是极为丰富的矿产资源，其中以能源类的煤炭和石油、天然气最为著名。黄土高原的资源分布格局大致可以粗略地概括为“西边油气东边煤”，含煤层与油气层双剑合璧，二者叠加后几乎充满了整个黄土高原区域。而煤层之中煤层气的开发利用，丰富了我们对于黄土高原上的资源量的想象。摄影 / 林非





其上多苍玉，其下多黄垩，多涅石”。这里的孟门之山、贲门之山，分别指吕梁山脉、太行山脉之一部分；而这里所说的涅石，在《山海经》中有时也称为石涅，据章鸿钊在《石雅》中考证，涅石与石涅为同一物，即为煤石，亦被称为石墨。章鸿钊还进一步考证，所谓礬（矾）石出于涅石，是指出于铜石或铜炭的青礬，而铜石或铜炭中的“铜”非铜，而是外貌与铜相似的黄铁矿，这与煤层中常含黄铁矿的现代矿床学知识吻合。

《山海经》之《北山经》的涅石之说，也许是关于山西产煤的最早记载，但却缺乏将煤用作燃料的记述。自新石器时代以来的古代文明史，都和冶铜、冶铁有密不可分的关系，那么金属冶炼何时开始用煤作燃料呢？《汉书·西域传》记载，龟兹（今新疆库车）“能铸冶，有铅”；《水经注》引汉代的《西域记》的记述：“屈茨（即龟兹）北二百里有山，夜则火光，昼日但烟，人取此山石炭，冶此山铁，恒充三十六国用。”这说明至少在西汉，用煤作燃料冶炼金属已较普遍。而西汉时期西域的冶炼技术，有专家认为是由





流水和风沙

刻画出别样黄土景致

在桑干河畔、大同盆地的边缘，藏有一处方圆一公里，南北绵延三公里的土林地貌，在地表水流冲刷、土层风化、盐碱析出的循环往复中，一条条细细的土沟逐渐变宽，大小不一的土台、土柱、土崖、土岭凸显出来。或孤悬，或阵列，或婀娜，或苍劲，行走其中，仿佛置身“魔鬼城”中。这便是大同土林，土林景致还将随着时光而变化，有的渐次消亡，更有新的显现出来。摄影 / 吕凤霄

中原传入，在河南巩义，的确也发现有西汉时用煤饼炼铁的遗址，故不排除西汉甚至更早时期，在中原地区已经较普遍地用煤作燃料。当然，这还需要更多的考古资料来加以确认。

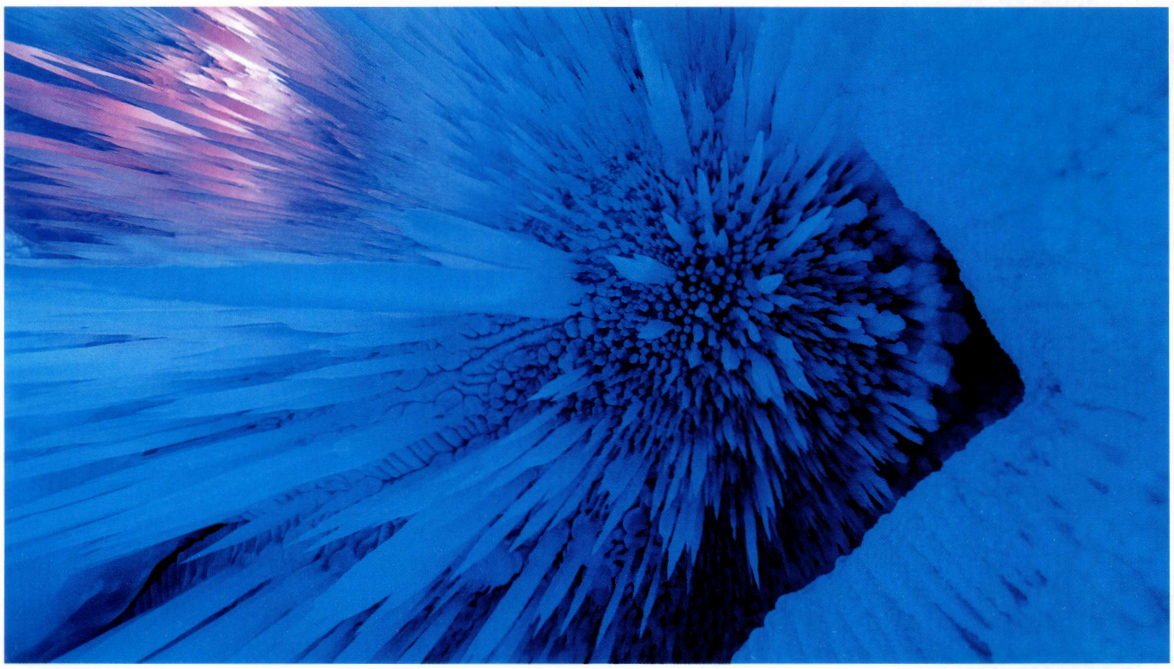
值得注意的是，古人发现煤可燃烧，故可作燃料之用，很可能是从煤层自燃的现象得到启示的。上文提到的《西域记》所说“屈茨北二百里有山，夜则火光，昼日但烟”，即是指天山之中的煤层自燃。煤层自燃是暴露在地表的煤层，因氧化作用放热会导致温度升高，而当温度升至

70—80℃的临界范围，升温的速度会骤然加快，一旦到达煤的着火点（300—350℃），就会引起燃烧。

中国西北干旱区的气候条件，极易促发煤层自燃，因此这一区域的煤层自燃现象十分普遍。而煤层自燃，还有可能引发煤层中溢出的煤层气持续燃烧。山西的宁武煤田、大同煤田都有现在还在进行、并持续了很长时间的煤层自燃。甚至有人用煤层自燃产生的所谓的“热力效应”，来解释宁武万年冰洞的成因，尽管这种解释不一定靠谱。

煤层自燃是古人早就观察到的现象，但他们常常把它描述为“火山”，尽管这







煤层自燃点与天然冰洞相距不远，却相安无事

左页图：芦芽山中有一处煤层自燃点，地下煤炭年复一年燃烧，地面上缕缕青烟不绝，而在相距不过两三百米的山脊另一侧，却藏着一处“万年冰洞”。深度85米的洞穴里，四壁层层叠叠地覆盖着厚厚的冰层，形成了冰帘、冰钟、冰花等多种形态，四季不化。冰火一处，堪称奇景。摄影 / 林非

右页图：运城盐池位于山西西南部的中条山下。历史上，盐池出产的食盐对于各王朝的政治、经济、生活有莫大的影响力，盐税曾占到过全国财政收入的八分之一。盐池中含有大量的嗜盐微生物。夏季，当这些细菌大量繁殖时，细胞内的红色素等就使得盐池呈现出缤纷的色彩。摄影 / 吕凤霄

与真正的火山相去甚远。山西境内就有许多这样的“火山”记述，例如：《魏书》记载，“北魏武定三年冬（545年），汾州西河北山有火潜行地下，热气上出”；唐代的《元和郡县图志》记有，“云中县，东汉平城县，属雁门郡，火山在县西五里，山有火井深不见底，以草投之，则烟腾大发，有火井祠”；《大清一统志》记有，“火山在河曲县南六十五里，……黄河东岸山上有孔，以草投孔中，烟焰上发，可熟食，不生草木，上有硇砂窟，下有气砂窟”，等等。

女娲补天是中国最著名的古代神话之一，此外，还有女娲造人的神话。《太平御览》引《风俗通义》说，“俗说天地开辟，未有人民，女娲抟黄土做人，剧务，力不暇供，乃引绳于泥中，举以为人”，这里提到女娲造人用的是黄土，暗指了黄土高原是人类文明的起源地之一。

山西高原不仅是中国黄土高原的重要组成部分，而且太行山历史上也被称为女娲山，这并非偶然。女娲补天的传说详见



于汉代刘向主持编撰的《淮南子》，其中说“女娲炼五色石以补苍天，断鳌足以立四极，杀黑龙以济冀州。苍天补，四极正；淫水固，冀州平”。

有趣的是，山西著名的煤产地——太行山中的阳泉市平定县有传说的女娲补天遗址，而明代文人陆深认为，女娲炼五色石，就是用煤作燃料；神话中提到女娲补天济地的地方都和冀州有关，而按《禹贡》中的天下九州之分，先秦时的冀州，包括今山西全境以及河北、河南西部。远古时期流传下来的神话，并非人们的凭空想象，它大概是人们面对生存环境的种种困顿时，表达的一种寄托于神力的希冀与欲求，同时也是人类自身遗存的、对史前时期历史的模糊记忆。因此，女娲补天的神话，不排除暗含了山西的史前古人以煤作燃料的史事。虽然这还需要考古来加以证实。

到了汉代以后，关于山西地区利用煤





云冈石窟第12窟

弥漫着音乐与舞蹈的气息

在唐代以前，云冈石窟是我国唯一的大型佛教石窟群。它作为北魏王朝的皇家工程（也是世界唯一的大型皇家石窟群），促进了我国石窟规制的推广和佛教雕刻艺术的发展，连敦煌、龙门也受到它极大的影响与恩泽。左图为2021年开放的第12窟，琳琅满目的乐舞形象，让人目不暇接。图1中，前室西壁罕见的殿宇屋形龛，不难看出中原建筑的风貌，但檐下的斗栱、人字栱等却被雕饰成各种兽形，具有鲜明的西域特色。图2中，入口处四根八棱千佛列柱，承载着仿木结构的屋檐，既有西式石构殿堂的壮观，又具中式木构的典雅。图3的弹指伎乐天，面向北壁的乐队组合，确如一位自信满满的指挥者。摄影 / 张海燕

炭的记载就很多也很明白清楚了。《北史·王劭传》记载，王劭在作晋阳县令时，曾说“今温酒及炙肉用石炭火”；日本僧人圆仁法师于唐开成五年（804年）前往长安途中，也看到了太原附近普遍用煤烧饭的情形，“出城西行三四里，到石山名为晋山，遍地有石炭，近远诸州人，尽求而燃，料理饭食，极有火势”。

进入明清时代，山西煤炭的开发利用已极为广泛。清雍正《泽州府志》载：“其输市中州者，惟铁与煤，日不绝于途”；清光绪《平遥县志》载：“晋之炭、铁、枣、酒及诸土产之物，车推舟载，日贩于秦”。而且，燃烧炭火还成为了民间节庆祈福祭祀的一项重要习俗。例如，清道光《大同县志》记有：“元旦家家凿炭为薪，垒垒高起，状若小浮图，及时发之，名曰旺火”；清代李燧在《晋游日记》中说：“太原每于元夜，当门攒石炭，高数尺，以火燃之，名曰塔火，街衢照耀如昼，巨观也”；清道光《直隶霍州志》称：“元旦夙兴，炽炭庭中，曰兴旺火，祀神”，等等。随着采煤业的兴盛，还出现专门经销煤炭的“炭牙”（炭行），成为远近闻名的晋商的一个重要行当。

明清时代，山西虽然采煤很盛，煤窑极多，但一直是人力手工开采，单个煤矿的产量并不高，而且没有系统的煤矿地质调查。德国地质地理学家李希霍芬1870年、1871年两次来到山西，先后到晋城、临汾、清徐、大同、五台、太原西山、阳泉、昔阳、永济等地进行矿产调



长城险峙，守护表里山河

山西境内最早的长城，可以追溯到公元前369年三家分晋之后，后世累有修筑，总长度累计3500多公里，如今规模最大、遗存最完整的是明长城。作为当时拱卫京都的屏障，明长城自居庸关以西，分南北两线到山西偏关会合，被称为内、外长城。于是在山西境内，便有了大致沿着晋蒙边界而行的外长城和逶迤横贯在山西中部偏北的两道长城，此外还有沿黄河和太行山修筑的长城。昔日阻挡游牧民族大军的长城，如今依然蜿蜒在黄土大地上，成为了民族精神的象征、时间的风景。上图为航拍视角下的雁门关。右页图为位于大同市灵丘县的荞麦茬长城，这里是内长城由河北进入山西的第一段（摄影 / 吕凤霄）。

查，这也是对山西煤矿的第一次现代地质科学调查，并产生了第一份山西煤炭储量的调查报告书。李希霍芬称：“中国矿产之富，甲于全球，只山西一省之煤炭储量就有1.89亿吨，可供全世界使用1300年。”当然，现在山西的煤炭储量已远远超过当年李希霍芬调查之数，但李希霍芬的调查首次引起西方国家的高度关注，并有英国的福公司进入山西，买通了山西巡抚等地方官员，取得了盂县、平定、泽州、潞安等地的矿产开采权。由此引发了山西民众及商界的“护矿保晋”运动，其形式和规模与后来触发辛亥革命的四川“保路运动”颇为相似。“护矿保晋”运动得到晋商的鼎力支持，纷纷集资认股，于1907年成立保晋矿务有限总公司，1908年签订了赎回采矿权的合同，不仅由英国福公司收回了采矿权，更重要的是，保晋公司由民族资本的介入以及国外技术的引进，开启了山西采煤业机械化、现代化的序幕。

人文渊薮，“晋”善“晋”美

人们常说，中华文明起源于黄河流域的中原地带，但对中原究竟指何处却语焉不详。其实，这个“中原”并不等同于现



今的黄淮海平原，也即通常所说的华北平原，因为华北平原是黄河以及出自太行山系的诸多河流带来的泥沙逐渐填造而成，而至少在旧石器时代至新石器时代早期，这块平原的大部分还是一片大海。

因此，华夏先民最早的繁衍之地是在郑州桃花峪以上的南太行山周边的黄河中游地区，其中最重要的就是山西的汾河—涑水河盆地、河南的河洛平原、陕西的渭河平原这一区域对华夏文明发生、繁衍的重要意义，无论如何估计都不为过。

中条山西南端的山西芮城西侯度，发现了中国迄今最早的、距今180万年的旧石器遗址，出土有石器和烧骨；在西侯度西侧的渭河平原，发现了距今115万年至70万年前的蓝田直立人化石；在山西临汾盆地的襄汾丁村遗址、大同盆地的阳高许家窑遗址，分别发现了距今约10万年前的丁村人、许家窑人的化石以及大量石器。而新石器时代的文化遗址更是数不胜数，山西省襄汾县公元前2300年至前1900年的陶寺遗址，是中原地区代表龙山文化的最大规模遗址之一；与河南偃师二里头遗址等为代表的、公元前1800年至前1500年的华夏文明核心聚落相呼应，在山西境内也有黄河北岸的平陆前庄、垣曲，运城盆地的夏县东下冯，临汾盆地的曲沃曲村等一大批差不多相同时期的文化遗址。

与此同时，在太行山、太岳山、吕梁山、太原盆地、忻州盆地，还有许多代表早期游牧部族的“方国”文化遗址。这些历史文化遗址表明，山西不仅是中华文明发源的重要场所，也是北方草原文化与中原农耕文化交流沟通的要冲之地。上述这些“方国”与中原夏、商王朝的关系若即若离、时敌时友、时叛时服。这颇似后来



的汉与匈奴、唐与突厥、宋与辽金蒙元、明与蒙古女真之间的恩恩怨怨。尽管夏、商王朝还不具备秦以后那样大一统的中原王朝性质，这些方国也还不是后来那样强大的草原帝国，但在山西境内似乎开启了这种贯穿历史的中原王朝与北方草原帝国之间时战时和、彼进我退、反复拉锯的活剧。

清代学者顾祖禹在《读史方舆纪要》中说："燕、幽诸州，在太行山前；云中诸州，在太行山后。石晋以山前后十六州入契丹，为中原之祸者数百年。盖太行隔绝华夷，实今古之大防。"这里从中原王朝防御的战略角度，说明了太行山以及山西是重要的西北屏障。也因此，在山西境内留下了十分重要的长城遗迹。

中国古代长城的修建始于春秋战国时期，但只有到了明代，长城的建筑才达到登峰造极的地步，现在能看到的气势磅礴、雄伟壮观的长城都是明长城。明代尤其在北京至山西之间，构筑了内外两道长城，称为内长城和外长城，内、外长城的西端交汇点即在山西偏关县的老营附近。此外，内长城在山西灵丘的三楼附近向南伸出一个分支，这道分支基本上沿山西与河北省界的太行山主脉而行，向南一直到山西左权县境内。沿内、外长城还构筑了著名的内三关和外三关，不过，内外之分

楼台悬空、佛塔林立

寄托精神世界

若问起山西境内最为著名的文化名山，很多人会立即想到北岳恒山、五台山，前者作为中国古代民间山神崇敬、五行观念和帝王巡猎封禅相结合而产生的五岳之一，其实是明清时期才被确定下来。恒山景观之最为悬空寺，建于峭壁上，凿洞插悬梁为基，殿宇楼阁间以栈道相通，是佛、道、儒三教合一的独特寺庙（摄影 / 吕凤霄）。五台山是佛教中文殊菩萨的道场，寺庙如林，梵音袅袅千年不息（左页图摄影 / 王昕）。



是按照距离北京的远近来划分的。内三关由北而南依次为居庸关、紫荆关、倒马关；外三关由东向西依次为雁门关、宁武关、偏关，除了偏关是在内、外长城西交汇点以西之外，其余五关皆在内长城上。其中，雁门关、宁武关、偏关等外三关皆在山西境内。

由此也可说明，山西之地势，对于北方草原游牧族群与中原农耕族群之间的交流沟通、攻防争战，有极其重要的意义。也因此，山西成为北方草原文化与中原农耕文化交汇融合的重要场所。

山河阻隔，营造了山西闭塞又相对安定的环境，加上相对干旱的气候，使得山西为中国保存下来大批重要的国之珍宝。作为全国地上文物最为丰富的文物大省，来自第三次全国文物普查及山西省文物局公布的数据，截至2020年7月，山西共有古建筑文物28027处，是全国古建数量最多的省份。建筑类型从寺观庙宇殿堂、城池民居衙署，到楼塔桥梁陵墓，以及石窟寺等，门类齐全。

山西古建以木结构遗存最负盛名，尤其是元朝以前的木构建筑的数量冠绝全国。据统计，山西现有元以前木结构古建筑遗存495座，约占全国580座的85%。这些建筑的分布，数量上以长治市、晋城市为冠，建筑规模以雁北地区和大同市为

山西这片古老土地珍藏着

中华文明上下五千年的完整印记。

下图：应县木塔建于辽清宁二年(1056年)，高67.31米，是我国现存保存完整的最高且历史最悠久的木构塔式建筑，巍然屹立，蔚为壮观。供图 / 图虫创意

右图：黄河岸边的碛口古镇，有着数量丰富且保存完好的明清时期建筑，货栈、票号、当铺等各类商业性建筑和庙宇、民居、码头，一应俱全，是一处古镇的活化石。摄影 / 朱子浩





首。中国传统的木作建筑不过千余年寿命，至今仍能在山西能看到那些岿然屹立的唐代、五代、宋金时代的古朴木构建筑，令人欣慰、欣喜。那些勾心斗角、翼角如飞的古建，浑然屹立，显现着唐代的雄浑壮丽、宋金的谨严端丽、明清的精细华丽，给人以视觉和精神的冲击和美感。在山西的旅行，像是走在时光隧道中，那些古老的建筑，让今人能感受到一代代祖先的智慧创造和真实的生活。

除了建筑遗存，晋商更是山西值得骄傲的一张名片。明清时期兴起的、曾经掌



控大半中国经济命脉的晋商，发源于山西中部盆地带中的太原盆地，所谓“祁（县）太（谷）平（遥）金三角”或“晋中黄金带”。

正是因为这里既是华夏农业文明的重要发祥地，又处在与北方游牧民族相交接的区域，西北出吕梁、恒山可通塞外，东南过太行可达中原。由于游牧与农耕之间的产品互补性，这种商贸交流比内地的其他地方更为频繁与活跃。也许这就是培育晋商的土壤，使他们既备儒家之礼义，又具交易之精明，而历史的机遇也促成了晋商的登台，使他们成为足以与中国南方的徽商和徽派文化相媲美的中国北方文化的一个典范。

黄河、太行护持、山脉盆地交错的山西，昔日，丰饶的煤矿资源，伴随着这里的人类文明诞生与发展，留存下来丰厚的文化遗产；今天，对山西煤炭及煤层气资源在更高层次上更合理更有效地利用，将成为山西乃至中国迈向现代化文明富强社会的强劲动力。

山西，这片表里山河，继续在“能”动华夏。

大地基底

上苍赐给山西的宝地

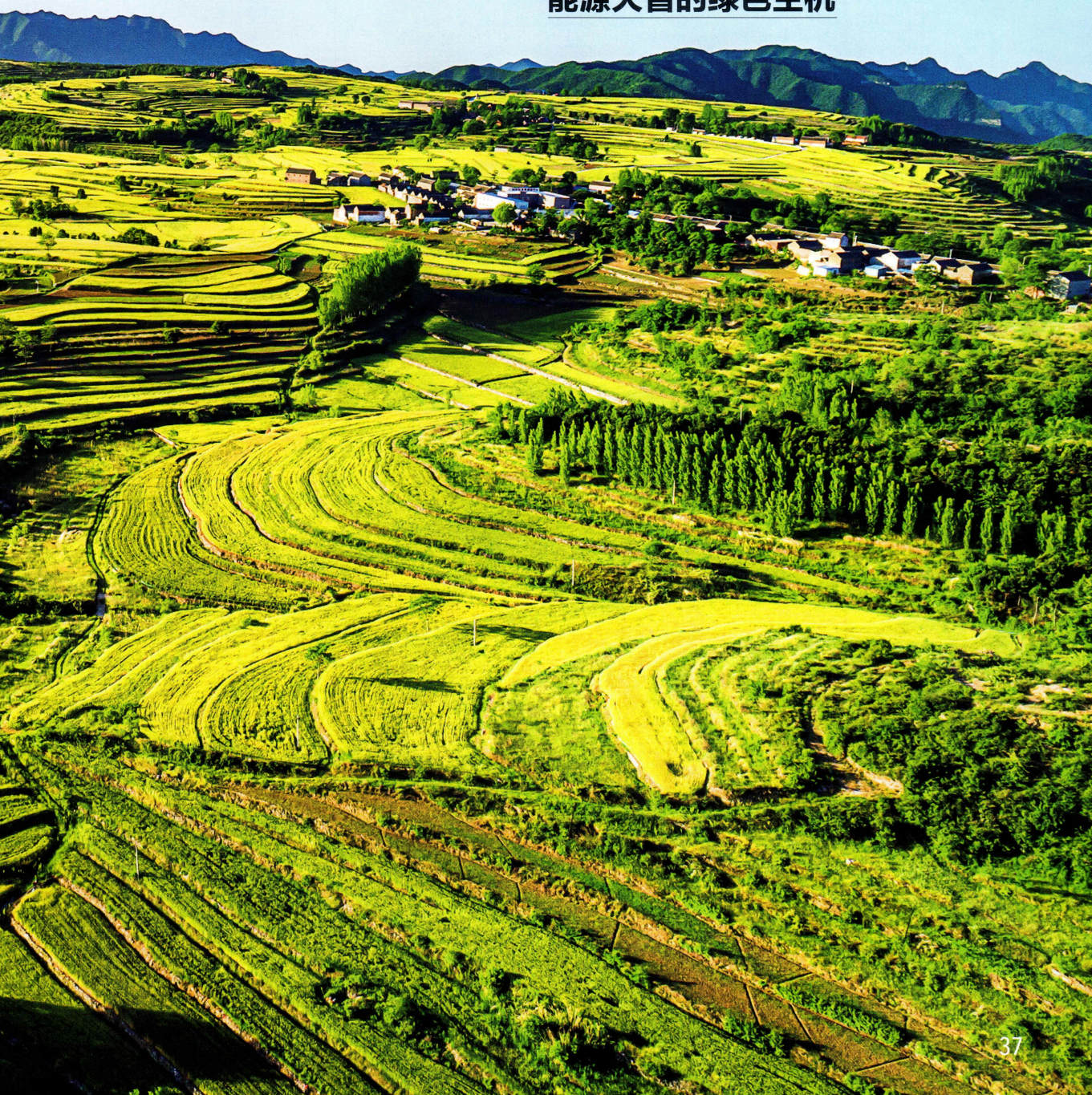


编者按

中华人民共和国成立以来，山西省进行了大规模的矿产资源开发，促使经济要素和社会资源迅速向煤炭以及化工、冶金、电力等煤系产业转移，形成了以资源型产业为主导的资源依赖经济体系。山西也一度成为我国工业化发展的重要支撑，为中国经济发展提供着源源不断的动力，然而，在辉煌的历史背后，也积聚了诸多现实问题和苦痛，对于传统工业大省而言，变革是必然的，近些年来，山西在常规和非常规天然气开发、煤矿智能化建设以及风光发电等新型可替代能源方面，展开了卓有成效的探索。他们是否已经找到更适合生态发展的能源新方向？能源研究者和财经记者的报道，或许能让我们一窥究竟。

38–55 页
山西
能源中国的基底

56–63 页
从量变到“智变”：
能源大省的绿色生机



山西：能源中国的基底

能源研究者胡森林从中国能源格局的大视角着手，讲述了山西传统煤炭资源的发展背景，再现了山西能源构成、资源分布等方面的优势，以及他们在新型能源方面的探索和努力。

撰文
胡森林
摄影
薛冬 等



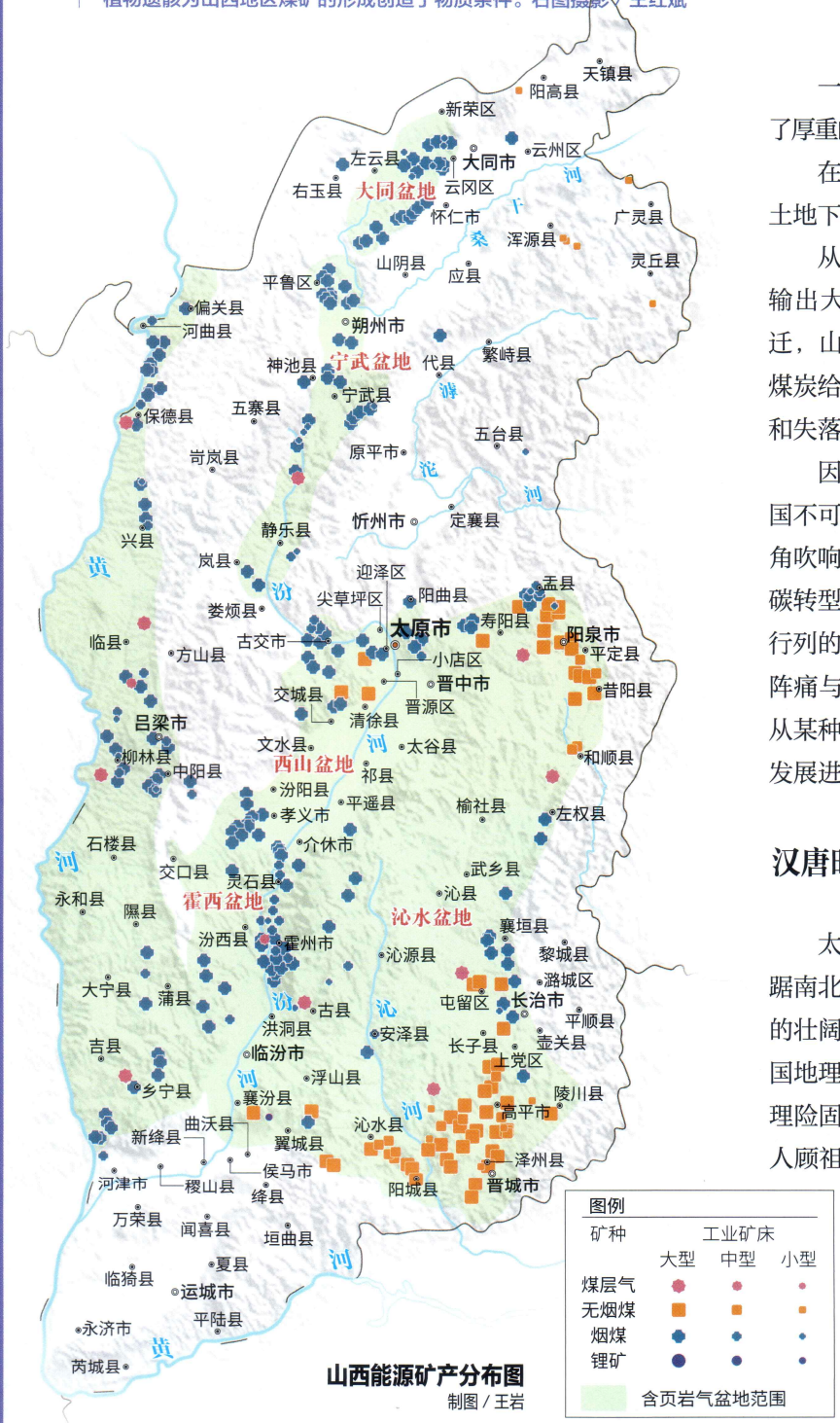


“沿黄城镇带”建设，
或将成为山西新时代经济引擎

黄河流域流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东9省区，全长5464公里，涉及1.6亿人口。在山西，“沿黄城镇带”在城市群建设中占有重要一席，离石、兴县、岚县、临县、方山、柳林、中阳、交口、石楼等吕梁市山上九县和河曲、保德、偏关、五寨、神池、岢岚、宁武、静乐等忻州西部八县，将成为构建山西中部城市群发展的生态安全屏障和重要战略支点。未来，以黄河国家文化公园建设为契机，山西、河南和陕西这三个沿着黄河比邻而居的省份，共同推进黄河中游城市群建设，或将成为中西部地区新兴增长极。图为黄河老牛湾。

昔日的密林，
成就今日的丰富矿藏

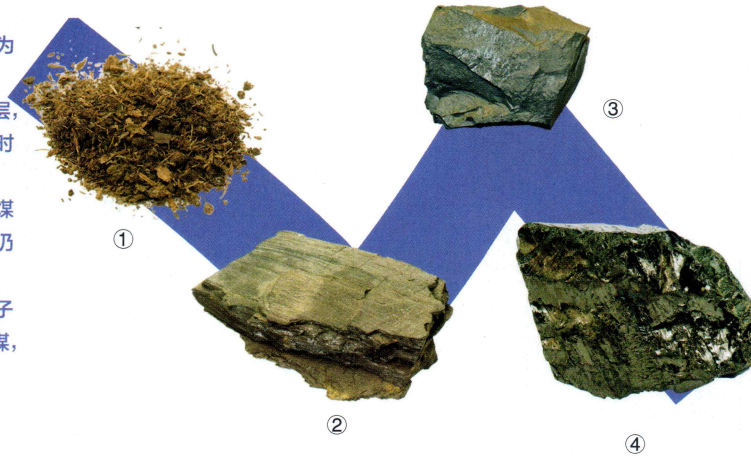
太行山地区在上亿年前曾是汪洋大海，频繁的地壳运动令地面上升，海水褪去后，茂密的森林开始生长。新生代以来的构造运动使太行山东西两侧产生了强烈的地势差，山体逐渐隆起，省内三大盆地的形成与大量堆积在此的植物遗骸为山西地区煤矿的形成创造了物质条件。右图摄影／王红斌


天镇县
阳高县
新荣区
左云县
大同市
云州区
右玉县
大同盆地
云冈区
怀仁市
广灵县
浑源县
山阴县
应县
灵丘县
平鲁区
偏关县
河曲县
朔州市
神池县
宁武盆地
代县
繁峙县
宁武县
保德县
五寨县
五台县
岢岚县
原平市
忻州市
定襄县
静乐县
兴县
岚县
迎泽区
尖草坪区
阳曲县
娄烦县
太原市
寿阳县
孟县
阳泉市
临县
古交市
方山县
小店区
平定县
晋中市
交城县
晋源区
昔阳县
吕梁市
清徐县
文水县
太谷县
柳林县
西山盆地
和顺县
中阳县
祁县
汾阳县
平遥县
榆社县
孝义市
左权县
介休市
石楼县
交口县
武乡县
灵石县
沁县
永和县
霍西盆地
沁水盆地
隰县
襄垣县
汾西县
霍州市
沁源县
黎城县
大宁县
蒲县
古县
屯留区
潞城区
长治市
洪洞县
安泽县
平顺县
吉县
临汾市
长子县
壶关县
上党区
乡宁县
浮山县
陵川县
襄汾县
高平市
曲沃县
沁水县
新绛县
翼城县
泽州县
侯马市
河津市
稷山县
绛县
阳城县
晋城市
万荣县
闻喜县
垣曲县
临猗县
夏县
运城市
永济市
平陆县
芮城县
黄河
汾河
沁河
涑水河
沁河
丹河
沁河
沁河
沁



煤矿形成的四个阶段

①泥炭：在地表常温常压下，植物遗骸经泥炭化作用转变为松软含水的泥炭，难以直接燃烧。
②褐煤：泥炭被埋藏后，由于盆地基底下降而沉至地下浅层，经成岩作用转变为褐煤，在空气中容易挥发和自燃，燃烧时冒浓烟，对环境造成污染。
③烟煤：当温度和压力进一步增高，再经变质作用后，褐煤的有机成分发生变化，外表开始发亮，形成烟煤。但燃烧仍不充分，火焰长而多烟。
④无烟煤：由于煤层收到长期的高温高压作用，煤层中分子结构逐步趋向规则，变质程度增加，烟煤最终转变为无烟煤，得以充分燃烧，火焰短而少烟，释放更多的热量。



下形势，必有取于山西。”

山西煤炭的历史源远流长，史不绝书。据《山海经·北山经》记载，“贲门之山，其上多苍玉，其下多黄垩，多涅石。”“涅石”就是古代对煤炭的称呼，而“贲门之山”泛指太行山地区。可以得知，早在春秋战国之际，山西地区的煤炭就已经为人们所了解。

汉代桓宽《盐铁论》中有记载，“盐、冶之处大概皆依山川近铁炭”，没有具体所指，但推测富有铁煤矿藏的三晋地区在汉代已用煤冶铁。东晋王劭作晋阳县令时，史书称其“温酒及炙肉用石炭火”，说明至少那时煤已走进日常生活。到了唐代，冶炼技术更为发达，太原的铜镜、并州的刀剪，工艺为一时之选，被纳为宫廷贡品。

晚唐时期，日本僧人圆仁法师前往长安途中，看到太原附近普遍用煤烧饭的情形，“到石山名为晋山，遍地有石炭，近远诸州人，尽来取烧，修理饭食，极有火势”。宋代时，以无烟煤作燃料和还原剂的方炉冶润炼铁法得到广泛运用，有“河东铁、炭最盛”（《宋史·食货志》）的说法。除了作为燃料，煤还被用作药物和写字作画的工具。

明清时期，赶驮贩运煤炭的商人越来越多，许多城镇都出现了煤店，在大同等地还出现了煤炭交易的中间人“炭牙”这一行当。此时，山西煤炭已“车推舟载”“日不绝于途”，运销陕豫蒙等地，若一时供应不济，竟会出现“悬釜以待，民情惶急”的情形，可见山西煤炭已对毗邻省区的经济社会生活有一定影响。

人类漫长的农耕时代，主要燃料是薪柴，煤虽然已进入了生产生活，但其重要性并未真正凸显。只有到了近代，工业化的需求使煤炭成为重要的基础能源，才迎来了它的时代。

1840年鸦片战争后，中国沦为半封建半殖民地社会，山西质地优良的煤炭资源，引起帝国主义国家的垂涎，成为经济侵略的目标。1905年，由于晚清政府出卖山西利权给西方列强，激起一场长达三年的山西保矿运动。1908年，“山西省商办保晋矿务有限公司”成立，并收回矿



①



②



③



④

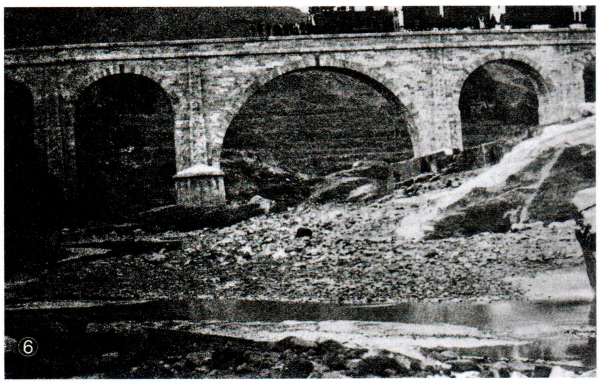


⑤

时光记忆中的

煤炭开采和运输

①炉渣，宋代，藏于中国煤炭博物馆。
②龙把，明代，采集自山西汾阳石泉庵古煤窑。
③铁镢，清代，采集自山西汾阳同义沟古煤窑。
④ 20 世纪 30 年代，山西大同运输煤矿的骆驼队。
⑤北京平则门（阜成门），产自北京西山的煤炭多由此处运入城内，因此又称“煤门”，1965 年被拆除。
⑥正太铁路，于 1904 年 5 月开始兴建，1907 年竣工，是山西省内最早的一条铁路，对沿线城市的近代经济发展和城市化产生了重要拉动作用。
供图 / FOTOE

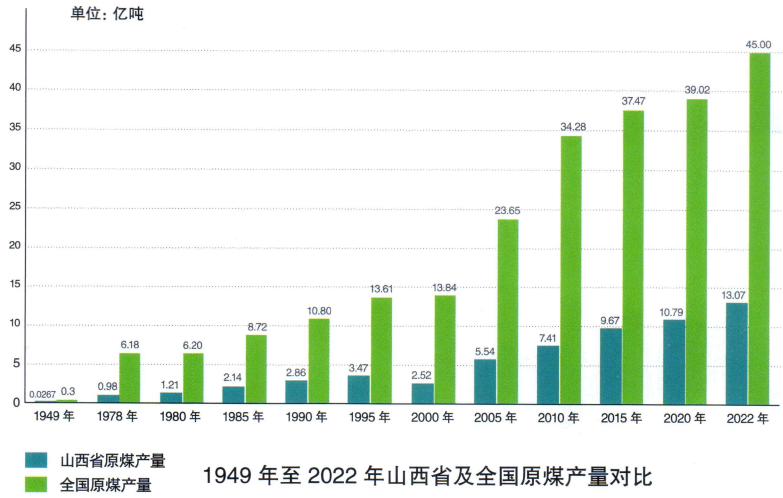


⑥

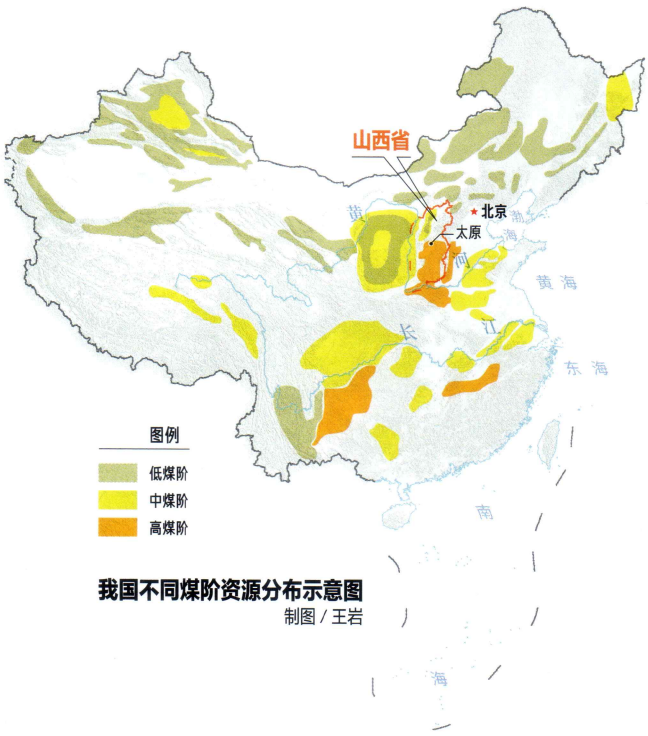
山西以1.6%的国土面积，

承担起全国25.2%的煤炭生产和4.5%的电力生产

从1949年至今，山西全省累计生产原煤超200亿吨，并连续54年位居全国原煤产量第一，仅2016年是全国第二，仅次于内蒙古。同时，山西省作为全国煤炭的输出大省，清代就已成为全国重要的煤炭供应市场，1917年后开始出口销往日本、朝鲜、美国等国家，煤炭成为当时中国经济的重要支柱。下图中，山西作为我国三大高煤阶资源分布地之一，煤炭资源质量佳，在全国乃至世界都属于上乘，储量丰富且品种齐全。右下图为大秦铁路（山西大同至河北秦皇岛），这条铁路全长653公里，是我国第一条双线电气化重载运煤专线，也是货运量最大的一条铁路，每天运输煤炭超过百万吨。



1949 年至 2022 年山西省及全国原煤产量对比



我国不同煤阶资源分布示意图

制图 / 王岩

权。在洋务运动发轫而形成的产业基础上，山西煤炭开采由此跨入近代化生产。

据统计，民国时期山西煤矿业已发展到一定规模。以1934年的数据为例，当时山西已经有64个产煤县，有大小煤矿1425处，矿区总面积达324.8万公亩，开采面积93万公亩，矿工数量达223万余人，年产原煤203万吨，总产值595万元。当时的山西是模范省，重要经济支柱就是煤炭。在战乱不断的年代，山西煤炭产业时断时续地缓慢发展着。

煤炭曾经是中国经济的“发动机”

1945年8月18日，日本宣布无条件投降后三天，位于晋南上党盆地北缘的石圪节煤矿完全解放，中共晋冀鲁豫边区政府接手，这是中国共产党接管的第一座红色煤矿。

到中华人民共和国成立，我国接收了包括石圪节煤矿在内的约40个煤矿企业，大多规模小、设备简陋、技术落后，加上长期战争的破坏，已是千疮百孔。年轻的共和国百废待兴，煤炭工业就在这样微薄

的“家底”上开始发展。1949年，产煤大省山西全年生产原煤也只有267万吨，全国原煤产量连自身基本用煤需求都不能解决。

刚刚起步的国民经济对基础能源的需求与日俱增，在很长一段时间里，石油都处于短缺和不足的状态，煤炭产业扮演着“发动机”角色。建国初期，煤炭消费量占一次能源消费总量的90%以上，当时我国经济是不折不扣的“煤炭经济”。

在计划经济时代，所有煤炭生产任务都由国有企业承担，依赖国家投资，企业的生产、销售、定价完全按照政府计划执行。煤炭供给满足不了生产和生活需求，反而凸显了其重要性。能够进入煤矿工作或从事相关行业，足以令人艳羡。

山西煤炭资源丰富，赋存条件好，具有储量大、煤层厚、埋藏浅的特点，累计探明储量占全国近1/4。全省含煤面积超过6万平方公里，占国土面积约40%，从北到南分布有大同、宁武、河东、西山、沁水、霍西六大煤田和若干产煤区，在118个县、市、区行政单元中，有94个分布着煤炭。

因为得天独厚的条件，山西成为中国能源版图中不容忽视的省份。山西省官方统计数据显示，20世纪70年代初，山西全年产煤量保持在五六千万吨规模。国家每年从山西平价调出大量煤炭，支援全国的经济建设。

1978年之后，中国经济社会快速发展，对煤的需求量猛增。煤的产量及其在一次能源消费结构中的占比变化，在很大程度上成了我国国民经济发展的“晴雨表”。山西因其资源优势，被定位为国家煤炭能源基地，煤炭成为重点扶持产业。

为缓解煤炭产量“瓶颈”制约问题，在“有水快流”政策推动下，各类资本密集进入煤炭行业。一统天下的国营体制被打破，个人开矿、地方办矿、利用外资合



创新驱动、转型发展，是山西实现资源型地区经济转型、形成产业多元支撑结构的努力方向

2012年起，山西转型综改试验区建设进入全面实施阶段，传统产业率先转型。2014年山西启动低碳创新行动，推动黑色煤炭绿色发展。“十三五”期间，山西累计化解煤炭过剩产能15685万吨，一大批资源枯竭、扭亏无望、产能落后的矿井退出历史舞台。与此同时，山西争当煤矿智能、绿色、安全开采的“排头兵”，煤炭先进产能占比由2016年的不足30%提高到如今的75%以上。摄影 / 辛兆年

上图为在露天煤矿开采场景。下图为山西煤炭博物馆里的地下煤矿采掘现场复原展示，随着掘进装备的智能化与无人化发展，煤矿的产量和安全性都大幅度提升。摄影 / 贺子毅





作办矿获得政策允许，各方积极性被充分调动。从手工采煤的小煤窑，到现代机械化大煤矿乃至世界最先进的露天煤矿，山西这片土地上浓缩了中国近一个多世纪以来的采煤历史。产量因此快速攀升，到后来，一天生产的原煤就近乎1949年全年产量。

数据显示，改革开放40多年来，山西煤炭产量长期占全国总量的1/4以上，70%以上输送到外省，覆盖全国2/3以上省份，同时还是全国最大的焦炭产地和供应地。山西人常以“点亮全国一半灯，烧热华北一半炕”为傲。在太焦铁路（山西煤炭外输通道之一）晋城段，每天大批满载煤炭的列车经此源源不断地开往外省，这是山西煤炭支撑中国经济的最直观场景。

可以说，中华人民共和国成立、特别是改革开放以来，煤炭是我国经济发展、社会进步的功臣，这种被称为“黑金”的固体可燃性矿物，为轰鸣的“中国号”经济列车提供了不竭能源动力。山西作为全国最大的煤炭产地和供应地，居功至伟。

粗放开发后果不光是生态之痛

煤炭产业一路高歌，推动山西经济快速发展的同时，也拉升了山西经济对煤炭的“依存度”。煤炭对山西太过重要。它为山西提供了1/3以上的经济总量、一半以上的财政收入和1/20左右的直接就业机会。在外省人眼里，煤炭一度就是山西的代名词，而黑色就是山西的颜色。

事物的两面性，在山西与煤的关系中，体现得格外明显，山西也因此成为一个矛盾综合体。

山西的煤炭除了储藏丰厚，还具有品种全、品质好的优势。从长焰煤到无烟煤，涵盖整个变质过程，煤炭储量密度、优质煤的质量和数量，在全国乃至世界都属上乘。而中国煤炭北多南少的分布状况和经济布局决定了北煤南运的流向。山西地处全国煤炭储量最丰富的晋陕蒙三角地带，位于我国东西部结合的中间地带，区位优势明显，多条运煤铁路大通道起点都在山西。这些因素，决定了其在我国经济格局中具有举足轻重的地位。

随着中国“入世”，经济发展进入“快车道”，煤炭行业在2002—2011年间迎来了它的“黄金十年”，产量、价格、利润都水涨船高，煤炭从不到200元/吨的价格一路飙升至2000元/吨，煤





炭企业和矿主们赚得盆满钵满。

国家放开煤炭市场后，煤炭生产、流通、交易、价格都由市场决定，煤炭市场受国际、国内供给和需求、经济和宏观政策等因素影响，有时起伏不定，有时短暂平稳，有时过“热”，有时极“冷”。而在国内煤炭市场拥有绝对主导地位的山西，对价格却没有足够话语权，一任经济增长随市场行情大起大落。

烈火烹油的“黄金十年”，也是煤炭行业各种问题充分暴露的十年。煤炭像是一柄“双刃剑”，同样给山西带来了难掩的发展之殇。

在曾任山西煤监局党组书记、局长的卜昌森看来，这样一场煤炭行业狂飙突进的发展“盛宴”，狂欢过后却留下了太多遗憾和伤痛。他将其归纳为“三痛”，即事故频发的安全之痛、“一煤独大”的发展之痛、两极分化的民生之痛。

从20世纪80年代开始，由政策催生的小煤矿“遍地开花”，虽然煤炭产量得以增长，却很大程度上给行业粗放发展埋下了根。无序开采导致的“多、小、散、乱、差”等矛盾日益突出，安全事故带来血的教训，更是为社会各界所诟病。国家因此采取一系列整治措施，逐步转变了煤炭行业安全形势。

煤炭开采使生态环境也遭到巨大破坏，甚至在一些地方造成不可逆转的损失。重经济效益、轻生态环境，环保投入不足，技术水平落后，带来地面沉陷、粉尘污染、土地植被受损、地下水被破坏等一系列生态问题。一组数据足以让人触目惊心：“十一五”之初，山西城市大气污染全国第一，新生婴儿缺陷率全国第一，人均水资源占有量全国倒数第一。

高强度、粗放型的煤炭资源开发，致使经济结构单一，市场活力不足，发展模式存在路径依赖。2010年，全省煤炭工业增加值占全省工业增加值的55.8%，达到“抛物线”的峰值。过度依赖煤的结果就是，一旦煤价下行，经济就会出现断崖式下滑。

这一切，造成山西的尴尬地位。它因为煤炭而引人注目，依煤而建的经济体系却十分脆弱，转型举步维艰。它远离东北，却与东北面临同样困境；它紧接西部，却在西部开发之外；它被归入以农业为主的中部地区，却与其他五省大相径庭。它成了不东不西不中的“四不像”。

而充满噱头的“煤老板”称号，几乎成了外界认识山西的唯一标签。这个群体应时代而生，迅速积累起了巨额财富，但财富并没有为他们带来什么好名声，反而增添了无穷的利益纠缠。那时全国报章上刊载的新闻和民间流传的故事中，充斥着他们一掷千金购豪宅豪车的形象。2008年左右山西煤改启动，很多煤老板渐渐淡出舞台。2012年某富豪“7000万嫁女”的奢侈，已然是这个群体风光的强弩之末。

那些曾经在茶余饭后被谈论的人，后来很多成为因涉官员贪腐而被带走调查的新闻主角。从煤窑苦熬打拼出来，到闻名全国，再到退出煤矿，乃至锒铛入狱，山西煤老板的起伏，与中国煤炭20余年来的跌宕有着惊人契合。而这些背后不为人知的事情是：大量“煤老板”因煤而富的同时，还有数十万矿工住在50年前修建的窝棚里；煤炭源源流出乃至出口海外的同时，矿区里仍有人烧不起煤。

山西兴于煤也困于煤。这一“资源诅咒”效应，在经济学上被称为“荷兰

从“发动机”到“荷兰病”，

煤矿工业的兴起对山西来说是一柄“双刃剑”



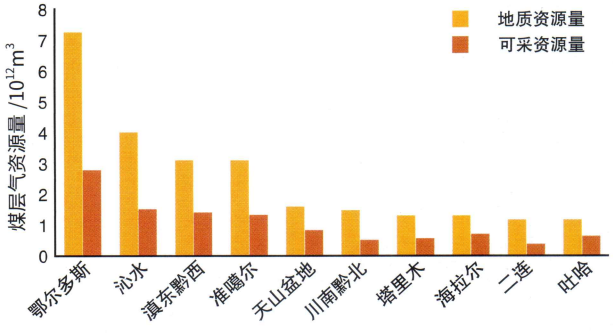
病”。资源枯竭型城市的前车之鉴，足以让人警醒。难以为继的传统发展模式，带来安全生产、资源消耗、生态环境、产业均衡发展、经济依赖度乃至政治生态等方方面面的沉重代价，成为山西难以承受之重。

“黑金”也可以“绿色”开采

“黄金十年”走向终结，煤炭行业进入长达四年的“寒冬期”，坑口的煤卖不出沙子价，无数人破产，多少企业度日如年。越来越多人意识到，这个行业到了必须自我刮骨疗伤的时刻了。

随着人们对生活品质的追求，对绿色发展的重视，煤的形象被“污名化”，成了人们谈之色变和欲除之而后快的对象，特别是每年雾霾天气席卷我国北方地区时，煤炭便被认为是元凶。“去煤化”呼声更是此起彼伏不绝于耳。

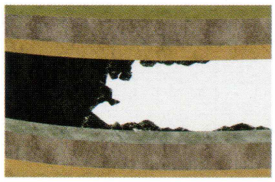
然而，中国的资源禀赋乃是“富煤缺



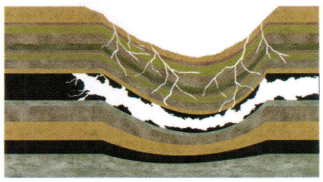
中国重点盆地（群）煤层气资源分布
资料来源：国家统计局

山西的生态环境变化
与传统能源产业密不可分

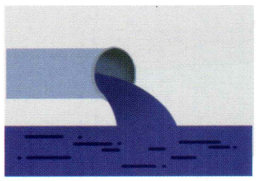
这是摄影记者记录的十几年前的山西民众生活场景，放眼望去，随处可见的高耸烟囱排放着大量废气，飘落在屋顶和地上的积雪都很少能看到纯洁的白色。“黑”成为了众人对山西的第一印象。（上图：《中国煤癮》，2016荷赛奖日常生活类单幅一等奖，供图 / 东方IC）（右图：燃煤电厂的烟囱）



采空区



地表塌陷



因采煤排放的矿井废水

煤炭开采给山西带来的影响

油少气”，以煤为主的能源结构和以火电为主的电力格局，并非短期内所能改变。煤在我国一次能源消费结构中的比重从70%左右缓慢下滑，2021年仍达56%，很长一段时间煤炭作为主体能源的地位不会变，快速“去煤化”并不现实，但是，煤炭的生产利用方式需要彻底变革。

2013年，我国能源革命开始布局落子，一直的“政策洼地”山西也迎来重大利好。2017年9月1日，国务院发布了《关于支持山西省进一步深化改革促进资源型经济转型发展的意见》（国发〔2017〕42号），明确提出山西要“打造能源革命排头兵”。2019年5月29日，中央全面深化改革委员会第八次会议审议通过了《关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见》。国家的新部署，山西的新使命，发展的新契机，归结为一句话，“不当煤老大，争当能源革命排头兵”。其意义不仅在于山西，还将为全国能源革命提供示范引领。



从世界范围看，煤炭并不必然与低效、污染划等号。如今以“工业发达、风景如画”闻名于世的德国鲁尔工业区，也是世界重要的煤产区，曾经也面临同样的问题。1968年开始，鲁尔区从调整产业结构入手，走上新的发展之路，带来脱胎换骨的变化，证明煤炭也可以是“绿色”的。

从上到下，山西渴望改变单调的颜色，通过一场自我革新，让这块土地变得色彩丰富起来。可是，发展还需围绕煤炭做文章。

山西提出了“减”“优”“绿”的方针。减是去产能；优是优化开采技术、优化产业结构；绿是煤炭绿色开采、绿色利用。近年来，山西对超过90%的生产成本高、机械化水平低、生产效率差的煤矿企业进行关、停、并、转，并将采煤业集



中到盈利多和机械化水平高的大型企业中去，走集约经营、结构优良、技术先进的高质量发展之路。

科技是第一生产力。利用先进的数字化、智能化技术，打造无人（少人）开采新模式，让煤炭开采变得更加安全高效。据新华社报道，目前山西已建成22座智能化煤矿、548个智能化采掘工作面，并有24座煤矿实现5G入井，走在全国前列。

走绿色低碳的生态文明之路，成为煤炭行业的新定律。山西有序推进矸石返井、井下矸石智能分选、充填开采、保水开采、煤与瓦斯共采等试点工作，山西省政府表示，力争到2035年形成煤炭清洁生产的长效机制。

绿色开采技术应用和生态矿区建设的直接体现就是，山西城乡的天更蓝了。以大同为例，空气质量曾排名全国倒数，给居民生活带来巨大困扰，千年名城的形象大受跌损。经过持续整治，“煤都黑”变成了“大同蓝”，还因此受到国务院通报表扬。植被也更多了，2020年山西森林覆盖率达到23.57%，超过全国平均水平。

在加快传统能源产业绿色转型发展的同时，山西也努力培育新兴产业，氢能等被提上议事日程。而且，煤炭作为工业原料的价值还有待发掘，进一步延伸产业链和多元化发展，将使其经济效益和战略价值更加提升。

加快传统能源产业绿色转型发展的同时，培育煤层气开采等新能源产业

2021年9月，国家能源集团在2021中关村论坛展览展示煤炭开采智能化场景，在智能操控台上，工作人员可以在现场实现综连采设备的远程实时控制，具备了远程控制全公司综连采设备及机器人的能力（摄影／王海欣）。下图为煤层气开采技术模型（摄影／罗伟）。

山西正成为煤层气的引领者

能源革命不是一味地革煤炭的命，除了煤炭清洁高效利用有很大空间以外，煤炭革命性的力量还来自自身，这就是煤层气。

煤层气，俗称瓦斯，是赋存在煤层中、以甲烷为主要成分的烃类气体，是煤的伴生矿产资源，也是优质的清洁能源。我国的煤层气地质资源量仅次于俄罗斯和美国，位居世界第三，主要分布于山西沁水盆地、晋陕蒙接壤的鄂尔多斯盆地东缘以及新疆等省区。

众所周知，煤矿瓦斯事故曾经是最大的安全痛点。随着技术进步和安全意识提高，从最早的主要靠通风吹散，到实施井下瓦斯抽采，到地面先采气后采煤，到探索煤气共采，瓦斯治理走过了一条从被动到主动、从粗放到科学的道路，带来的直



接好处是瓦斯矿难越来越少。

煤层气开采，成为煤炭安全生产的刚性需求。同样重要的是，抽采出的煤层气，能弥补我国清洁能源缺口，减少采煤过程中甲烷温室气体的排放，兼有社会效益和生态效益。在推进实施“碳达峰、碳中和”的当下，颇具战略性意义。更让人惊叹的是，煤层气中还能提取出纳米洋葱碳、石墨烯、金刚石等高科技产品。

由于煤层气资源赋存条件复杂、工艺技术难度大，勘探开采等工作要做到一井一策。除了煤炭企业自发的瓦斯抽采以外，我国于1996年专门成立中联煤层气有限责任公司（以下简称“中联公司”），作为煤层气业务的国家队，引进国外技术，致力于瓦斯治理和清洁能源发展。

中联公司主要区块正是位于煤层气资源丰富的山西境内，在晋南沁水盆地，建成了全国首个商业化运行的煤层气潘河示范工程，首个商业性开发的中外合作潘庄



新时代，山西成为全国第一个全省域、全方位、系统性的

国家资源型经济转型综合配套改革试验区



煤层气项目，并在多个煤层进行开发；在吕梁鄂尔多斯盆地东缘，实现煤层气与致密气同采，并向深煤层进发。目前，中联公司煤层气年产量和增速均居于行业首位，体现了国家队的担当，也展示了煤层气的良好前景。

山西煤层气资源约占全国1/3，是我国煤层气产业发祥地和富集区，也是生产大省，2021年煤层气年产量占全国80%。早在2013年，山西省就发布了被称为“煤层气20条”的《关于加快推进煤层气产业发展的若干意见》。2020年，出台了《山西省煤成气增储上产三年行动计划（2020—2022年）》，将煤层气产业发展提到前所未有的高度，从规范勘查开采管理、创新机制体制、设立产业基金、压缩审批时间等方面加强制度保障，持续释放政策红利，合力推动煤层气产业快速高质量发展。

煤层气，不仅是能源革命综合改革试点的重要抓手，也是山西低碳绿色发展的资源支撑，更是助力“碳中和”的现实途径。在弃煤这个说起来容易却难以短期实现的命题之前，煤层气将是煤炭获得新生的一个重要内生变量。作为煤层气引领者，山西在中国能源版图上，仍将具有特殊的地位。而中国的能源革命，也期待着能源大省山西交出一份更优异的答卷。

从量变到“智变”：能源大省的绿色生机

撰文　林淙　摄影　杨伟胜 等

“一煤独大”的山西，曾经陷入高耗能、高污染的“双高”痼疾。如今，在新旧动能转换的路上，这座传统工业大省慢慢实现了能源变革。财经记者林淙的报道，记录了这种转变过程。



三晋大地，10年，会发生什么？从2012年到2022年，十年间，山西建成22座智能化煤矿，548处智能化采掘工作面，煤炭行业的“智变”正在加速推进。山西夯实煤炭、煤电产业基础，保障国家能源安全；推进煤矿智能化建设，大数据、5G技术应用于煤炭生产环节，煤炭先进产能占比突破75%。10年来，山西这一传统能源大省朝向绿色能源这一未来方向的探索一直在进行，新能源装机4012万千瓦、占比34.46%，煤层气产量和利用量占全国90%以上。“满眼生机转化钧，天工人巧日争新”，新时代的山西，迈出了崛起新步伐。

“省会太原在1949年已经有人口30万，工业遍及城郊四周，西北两面为主要工业区，工厂林立，规模宏大，大至于重工业，如炼钢厂、洋灰厂，小至于轻工业，如纺织厂、火柴厂，无不应有尽有，尤其兵工厂、炼钢厂、煤矿，著名全国。”

这是建国初期《山西日报》刊载的报道。20世纪50年代，山西能源工业迎来新的格局。大同、阳泉、西山、潞安、汾西、轩岗、晋城、霍州八大矿区初具规模、八大矿务局全部组建。20世纪60—70年代，山西各大煤矿实施新建和改扩建，并试点推广综合机械化采煤。随后几十年间，山西煤炭工业得到快速发展，一时之间各家中小煤矿如雨后春笋，山西的综合机械化采煤程度跃升至全国首位。

破解“资源诅咒”，转型大幕开启

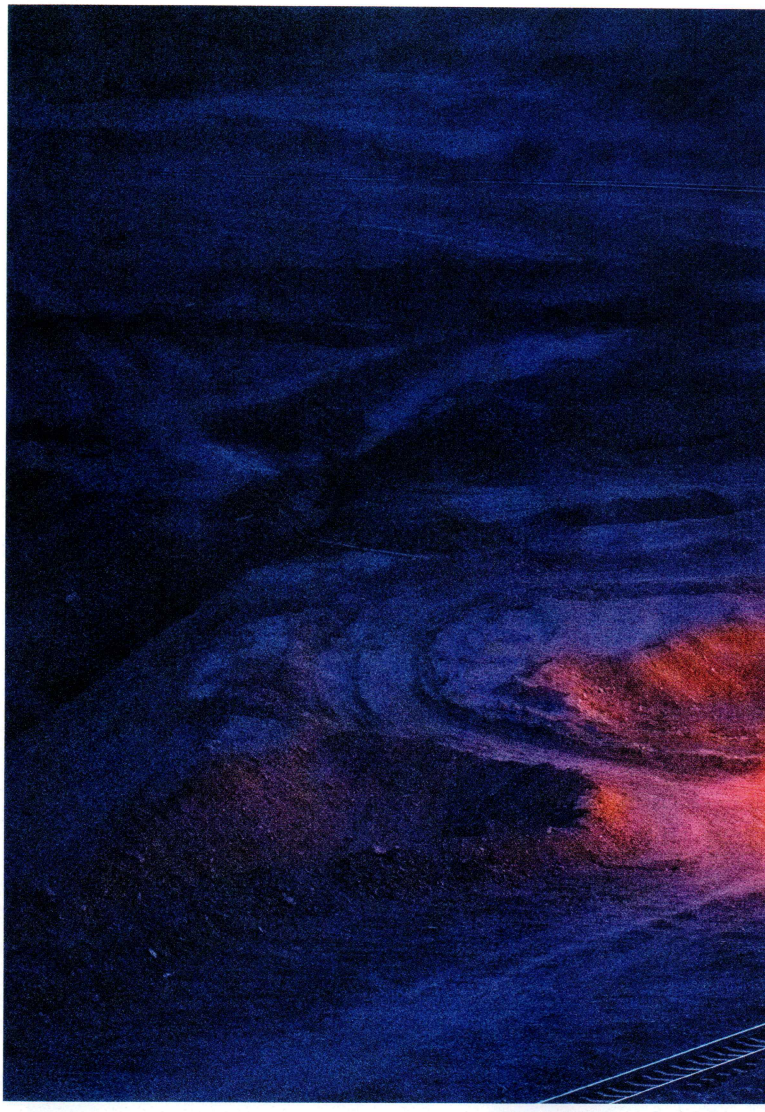
2000年，山西煤产能实际已达4亿吨，实现翻两番的目标，承担起全国三分之一左右的原煤生产任务。

然而，伴随着发展的进程，山西各地也出现了不同程度的经济增长和产业结构病态问题，资源浪费与环境污染问题突出。一方面，煤焦油、焦炉煤气等都未得到充分利用；另一方面，多年来积聚的生态破坏和环境污染成为制约经济发展的关键因素，高投资、高污染、低效益的传统工业化模式难以支撑经济的持续增长。随着陕西、内蒙古两个新兴能源基地的发展，山西以煤炭为主的资源型产业大都出现生产能力过剩的现象。山西工业经济效益持续滑坡，人均GDP在全国的位置由1979年的第7位下滑到1990年代末的第20位。

世纪之交，山西拉开了大规模调整经济结构和能源发展路线的大幕。大力压缩煤炭、冶金等行业的过剩生产能力，淘汰了一批技术落后、产品质量低劣、资源浪费和污染严重的小企业。到1998年，山西关停的小煤矿、小炼焦厂、小炼铁厂就有几千家。

随着国内外能源市场转暖，山西省煤炭、焦炭、电力工业发展速度快速上升，2004年，全省资源型产业增加值占第二产业的比重一度超过85%。

不过，原本为解决能源工业“一柱擎天”问题的产业结构调整，结果却是资源型产业尤其是能源工业愈发发展壮大。这



燃煤时代渐远，新型能源百花齐放

图中，如今极为少见的蒸汽机车在陡峭的上坡路段加大马力，煤烟与蒸汽混合，火星四射，恍若万千烟花在绽放。这画面是摄影爱好者追逐拍摄的罕见场景，更是一个燃煤时代已经渐渐远去的背影。从煤到气，再到太阳能、风能、潮汐能、核能，乃至正在研究中的热核聚变技术，人类一步步提升着获取和利用能源的能力，也让人类学习着与环境和谐相处。

一形势下，2004年8月，山西再次召开经济结构调整会议，要把山西建设成为“新型能源和工业基地”。2010年末，山西资源型经济转型配套改革试验区批准设立，山西省成为中国唯一一家在全省域、全方位、系统性地进行资源型经济转型综合配套改革试验的区域。

整体来看，随着煤矿企业的大规模兼并重组，山西矿产全面实现以综合机械化为主的改造，并配套建成相应规模的选煤厂。各大煤矿企业的集团化、洁净化、集



新时代，
山西的自然生态与能源转化，
都得到了发展

十年来，山西统筹推进山水林田湖草沙系统治理，全力打造纵横交织、互相贯通、功能完备的生态大动脉，为这座古老的土地着力披上绿色的新装。同时，非常规天然气开发力度不断增强，煤层气持续高产，致密气规模化上产，产量年均增长7亿立方米，年均增速14.57%，在十年间翻了近两番，同时，风能、太阳能等新能源也在加快发展。在起伏的山岭上，风车阵列正在徐徐转动，山西的山地和丘陵地理优势为开发风能资源创造了优良的条件。摄影 / 姚林

约化水平提高，煤矿安全生产稳步好转。

与此同时，山西的电力行业在新世纪同样迎来重大变革。在原有火电的基础上，山西风电和光伏发展迅速，电力结构逐步多元化。

从“煤”到“美”漂亮一跃

从这个能源大省决然转型的长镜头中，我们截取了几个动态切片——

在晋能控股集团塔山矿智能化调度指挥中心内，随着工作人员按下按钮，井下



实时数据和画面清晰呈现在巨屏之上，煤炭生产、运输、洗选等各项工作有序进行……以煤矿智能化为代表，山西摁下了能源转型的“快进键”。

位于山西省古交市的屯川河畔，输煤走廊将原煤洗选产生的副产品输往附近电厂，乏汽余热则承担着太原市约三分之一的供热任务。而在对岸山上，一条蜿蜒而上的管道又将电厂排出的粉煤灰运至山顶，经过处理后注入井下采空区。在山西，充填开采的模式，形成了一条绿色循环的新思路。目前，山西省已建成32座绿色开采试点煤矿，探索出充填开采、保水开采、煤与瓦斯共采等多条绿色开采技术路线，并推动云计算、5G和物联网技术与绿色开采加快融合，智能化煤矿产能占全省生产煤矿总产能的比例超过四成。



持续开采了60多年的“老矿”再焕生机。山西焦煤集团官地煤矿正在规划建设第三个智能化综采工作面，打通了采、掘、运、储的协同控制。开采1000吨煤的时间也从过去主要依靠人力操作条件下的3个小时，缩短为智能化综采下的一个半小时。

来到山西省盂县的裕光煤电公司，两台100万千瓦超超临界燃煤发电机组全力运行，每年可为河北南网提供近百亿千瓦时的电量。这是山西电力外送的一个缩影。迄今为止，“晋电外送”覆盖范围增至22个省份。

从变革成绩单来看，截至2021年底，山西首批10座智能化示范建设煤矿全部建成，1000处智能化采掘工作面全部启动建设，21座煤矿实现5G入井；20座煤矿绿色开采试点完工，8座试点煤矿井下矸石智能分选和不可利用矸石返井建设开工；风光发电新增并网规模204万千瓦，26个县被国家列入整县屋顶分布式光伏开发试点；平鲁和右玉布局独立储能设施，大同、朔州、忻州、阳泉4市在新能源项目中配置10%以上的储能设施。

煤层气的“改名”与“换面”

某种程度上说，能源革命并非在能源体系的某一方面出现颠覆性、革命性变化，而更多的是从清洁低碳、经济高效和安全可靠三个指标去改善整个能源体系。

而在这一过程中，山西找到了一条从煤炭，到天然气，再到非常规天然气（煤层

气、页岩气、致密气）的能源破局之路。

从资源禀赋来看，山西省煤层气资源丰富，埋深2000米以浅的煤层气资源占全国总量的近三分之一，探明地质储量约占全国的88%。

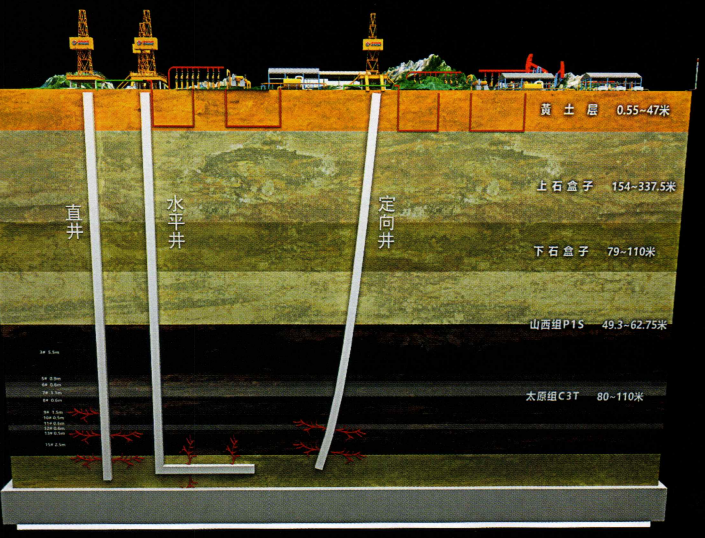
抓住这一特点，近年来，山西省对煤系地层多种气体资源的开发力度不断增强，煤层气持续高产，致密气规模化上产。二者产量由2012年的24.16亿立方米增长到2022年的96.1亿立方米，十年间翻了近两番。

与此同时，煤层气利用技术不断完善、利用水平稳步提升，煤矿瓦斯抽采利用率达到44%，较2012年提高10个百分点。

有意思的是，“煤层气”的名称其实是一个舶来品。在国内，它更为人所知的名字叫“瓦斯”。这种与煤伴生的温室气体，是走向低碳路上必须迈过的一道坎。而两个名称恰恰折射出了两种截然不同的理念。其中，瓦斯是一种有害气体、矿工杀手，而煤层气则是一种清洁能源。

何以完成二者间的转变？放眼望去，从黄河岸边到太行山下，一座座抽气“磕

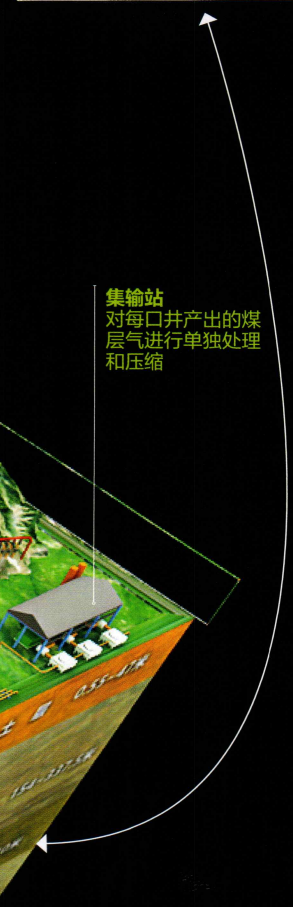




天然气作为清洁、绿色的化石能源

在相当长一段时间内将占据重要地位

21世纪，二氧化碳等温室气体排放引起的全球气候变化是全人类需要面对的重大挑战，天然气作为碳排放强度最低的化石能源，具有大规模稳定供应的基础，是替代煤炭进而实现化石能源“低碳化”最现实的选择。



头机”遍布山西的大小矿山间。它们将地底以及废气矿井中残存的煤层气抽出后，通过管道送到千家万户。根据山西省统计局数据，2022年山西省累计抽采煤层气达96.1亿立方米，约占全国同期煤层气产量的83.2%。

“从资源以及积累的经验看，煤层气仍是天然气增储上产重要的非常规气源补充。”中国石油大学（北京）教授张遂安说，“除作为重要的低碳能源补充，煤层气开采利用可减少煤矿瓦斯事故、降低环境污染，兼具社会效益和生态效益。”

政策层面上，山西省专门出台了《山西省煤成气增储上产三年行动计划（2020—2022年）》，制定了煤层气产业三年发展规划，并从规范勘查开采管理、创新机制体制、设立产业基金、压缩审批时间等方面加强制度保障，合力推动煤层气产业快速发展。

变化已在三晋之地上发生。山西沁水盆地和鄂尔多斯盆地东缘2个煤层气产业化基地建设初见成效，已建成投用亚洲单厂规模最大的瓦斯发电厂——寺河120兆瓦瓦斯发电厂，并拥有全国最大的地面煤层气抽采井群、全国最大的瓦斯发电集群和煤层气全产业链运营发展网络。

当然，从“煤”到“气”的重心转移并非一条通途。比如，技术开发上，多数勘探区块的煤层具有松软低渗透、煤层埋藏深等特点，煤层气开发工艺和技术亟待提高；产业发展上，目前煤层气产业受单井平均产量低，施工投资成本高、周期长，资金成本高，且市场价格低迷，国家补贴存在退坡可能等潜在因素影响，项目总体经济性较差；资源利用上，山西省存在夏季消纳利用与冬季保供的矛盾，夏季煤层气资源大量外输，冬季又需要购买高价气补充缺口。而这些，都是山西在能源转型过程中亟待解决的问题。

黄河，汾河，涑水河。吕梁，太行，中条山。它们流淌也雄踞山西万年，造就了表里山河的壮阔，也造就了三晋大地的沧桑之变。当能源革命的嘹亮“号角”吹响，积蓄已久的巨大势能必将从中奔涌而出。

能源未来

环保可持续的探索时代

编者按

山西，一直以来都是中国能源热土。近些年，随着全球对环境保护的关注，以及对清洁能源的大力发展，山西进入能源转型期，区别于传统的化石资源，煤层气资源作为环保可持续的新能源正在受到越来越多的关注。根据《山西省2021—2025年矿产资源总体规划和煤层气资源勘查开发规划》，2025年山西力争新增煤层气探明地质储量5000亿—8000亿立方米，煤层气抽采量力争达到200亿—250亿立方米，进一步印证了“煤改气”的决心。未来如何实现规模化开发、如何合理利用、如何创造更高的经济社会效益，需要多方位、多角度的科学探索。



66-73 页

天然气

为何备受青睐？

当你走进厨房，打开燃气灶时，面对那团蓝色的火焰时，一定会凝神关注，想起这“蓝莲花”的前世今生。

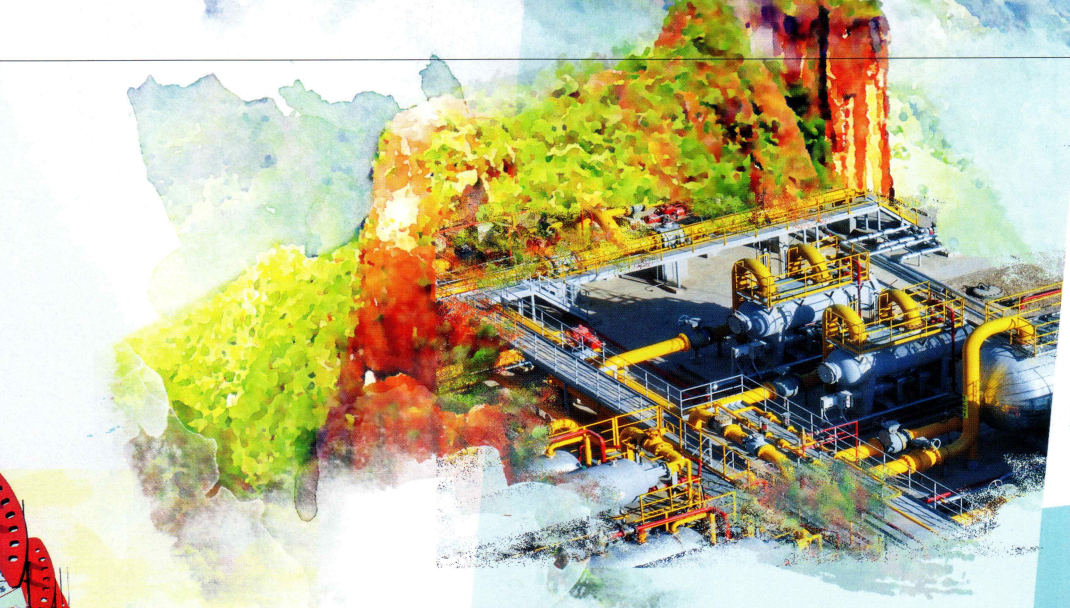
74-79 页

煤层气

来自地球内部，温暖千家万户

煤层气是与煤伴生的气体，任何有煤的地方几乎都有煤层气。煤层气具有清洁、优质、安全、高热值等特点，开发利用的前景十分广阔。





视点：
100–101 页
对话张遂安
102–103 页
煤层气能变金刚石？

80–99 页
黄土地层藏乾坤
在山西寻找煤层气
从鄂尔多斯盆地东缘到沁水盆地，穿越黄土高原、吕梁山到中条山，我们走了一条完整的煤层气探访之路。

116–117 页
致密气
地球深处的另一种可能
如今世界油气工业正在从常规油气向非常规油气跨越。致密气，就是非常规天然气中极为重要的一种清洁能源。

104–115 页
神安管道
中国最长煤层气输送大动脉
神安管道打通了沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘资源富集区与京津冀产业聚集区，不仅是最短通道，路由辐射经济核心区域，横跨陕、晋、冀三省，将来或与国家管网实现互联互通，实现海气和陆气双气源互补。





天然气为何备受青睐？

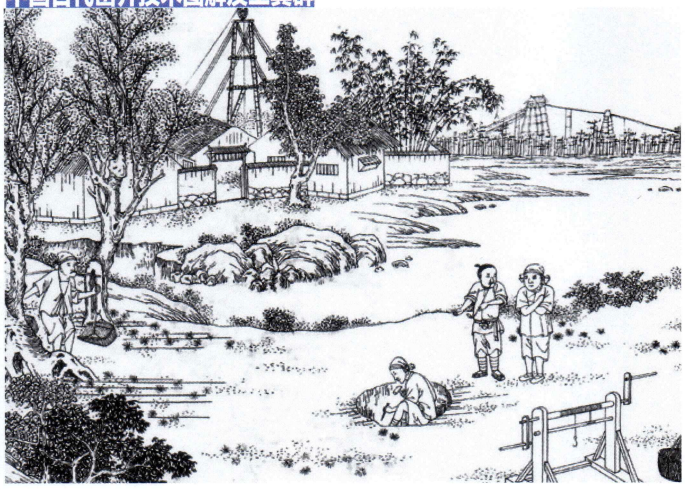
撰文
蒋殊
摄影
潘斌 等

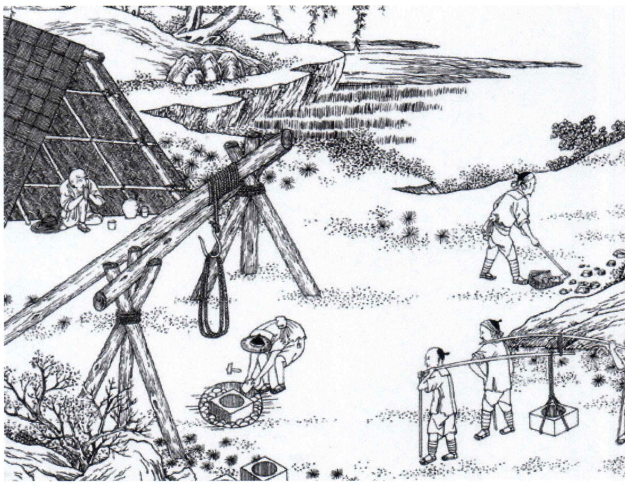


燃气是城市居民、工商户的生活能源之一，作为公用事业，中国城市化进程的快速推进是城市燃气行业发展的重要动力。城市燃气主要包括人工煤气、液化石油气和天然气三大类。根据国家统计局数据显示，2021年中国城镇化率超65%，促进城市燃气事业发展，2021年用气人口达到4.5亿人。



中国古代凿井技术图解及工具群





① 开井口 ② 下石圈

随着“嘭——”一声，热烈而优雅的蓝色火焰完成了它的又一次使命，喷香的饭菜从厨房转移到餐桌。

记不清从哪一年开始，家里的蜂窝煤变成煤气，煤气又改为天然气。这些与人息息相关的东西，似乎总是在默默托举着人们的生活，却不被人在意。

其实天然气是一类气体的总称，分布于大气圈、水圈和岩石圈中，包括了气田气、油田气、煤层气、泥火山气与生物生成气等，按照在地下存在的相态可分为游离态、溶解态、吸附态和固态水合物，主要蕴藏在地下多孔隙岩层中，也有少量出于煤层。天然气是目前最清洁的化石能源之一，也是全球能源战略竞争的焦点。

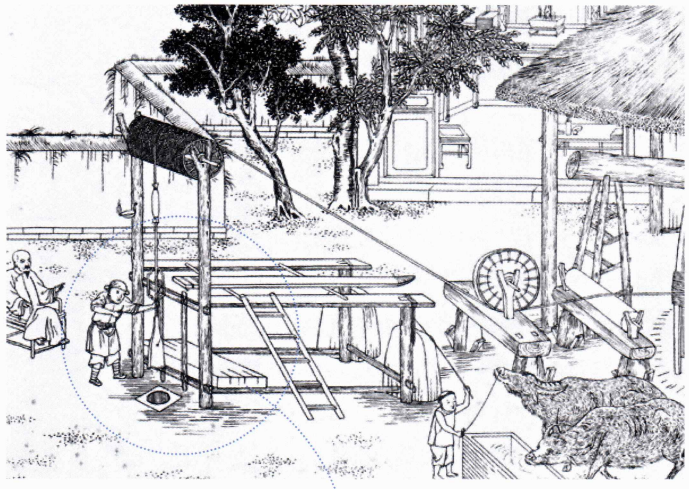
中国人很早便开始认识、利用天然气

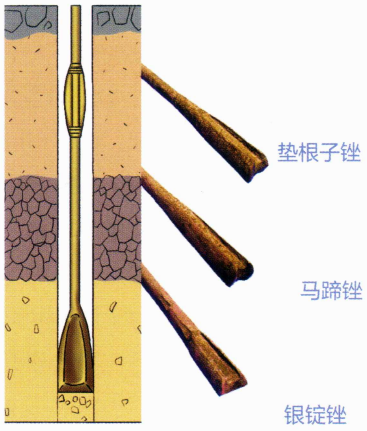
中国是第一个开凿天然气井并利用天然气的国家。最早的记载来自班固的《汉书·郊祀志》，其中提到汉宣帝“祠天封苑火井于鸿门”。鸿门，指鸿门县，就是今天的陕西神木。火井，是古人对天然气井燃烧现象的称谓。只是那时候，人们无法解释这一神秘的自然现象，便作为神祇来崇拜。

之后，宋代的地理志《太平寰宇记》中又记载：“若以火坠井中，即雷吼沸涌，烟气上冲，溅泥漂石，甚可畏。”里面提及的“气”，就是天然气。多种记载证明，我国在宋代便开始大规模利用天然气，并发明了小口深井钻凿法。宋代到明代，都有火井煮盐的记载，就是用天然气煮盐水。到了清代，筒井钻凿深度已经能达到约一千米，一口火井更可煮盐七百锅。

清同治四年（1865年），中国首家煤气厂成立，应用英国煤气照明新技术，专为上海租界提供照明。直至百年后的1997年，中国正式大规划开启天然气时代。这一年，首条干线全长848公里，途径途经陕晋冀和北京三省一市的天然气管线——陕京管线建成，被誉为首都北京的“城市供气生命线”。

然而，天然气的寻找与发掘并不轻松。以气田气为例，找一个气田需要花费3—10年时间，首先是艰难的地面勘探、调研、研究，有了大致方位后再通过放炮、打眼、地震波接收等手段定位，然后布井、钻井、压裂、开采，专业人员通过一系列科学的测量之后，可以分辨出哪里是天然气储藏的地层。



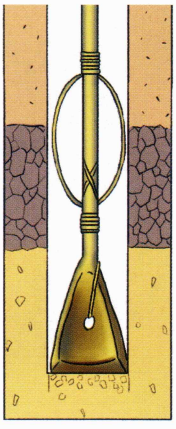


银锭锉凿井示意图

③ 凿大口

④ 凿小眼

（凿井过程中需时最长的一道工序，应用工具繁多）



蒲扇锉凿大口示意图

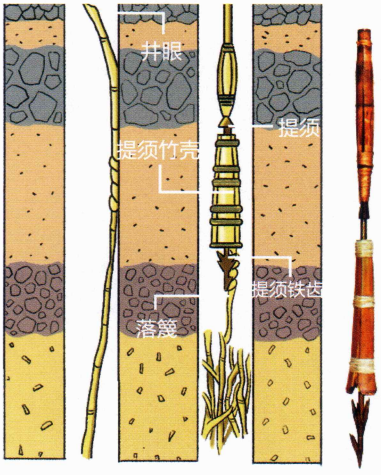


钻井工具蒲扇锉

直如竹筒的“卓筒井”，是中国古代深井开凿技术的里程碑

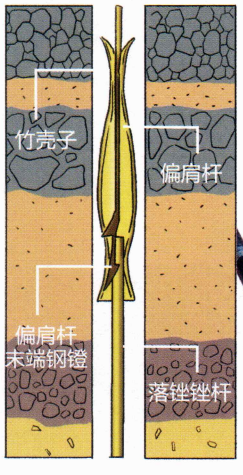
北宋庆历年间，在今四川五通桥盐区和自贡盐井出现了小口径深井，称卓筒井，开采井盐卤水为盐井、开采天然气的称火井。它是世界上最早创造的绳式顿钻钻井方法。凿井时需用圆刃铁锉，凿出井口如碗大，深数十丈，用巨竹去节，套接成井壁。①—④图展示了古代开凿井口的过程。凿井、修治井的工具名目繁多，有治井、打捞、补腔、固井、淘井等9大种类，今自贡盐业历史博物馆收藏有不同形制的打捞修补工具270余件。资料来源 / 自贡市盐业历史博物馆

修治井工具群



提须打捞落篾示意图

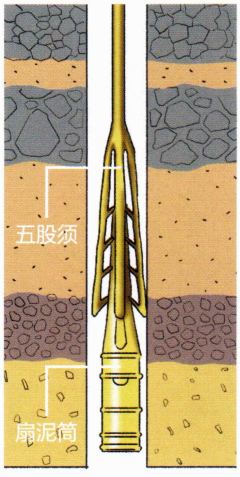
治井主要工具——提须



偏肩取锉示意图



打捞工具之王——偏肩



五股须打捞落简示意图



打捞工具——五股须

1998年以来，塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地相继被发现有特大型气田。我国目前的天然气主要分布在新疆、陕西、四川、渤海湾大陆架，总体布局是西多东少，北多南少。近些年，随着非常规天然气的进一步开发，富集于华北地区的煤层气作为远景资源受到更多关注。可以说，960多万平方公里的土地和300多万平方公里的管辖海域下，都蕴藏着十分丰富的天然气资源。

自然资源部发布《中国矿产资源报告2022》显示，截至2021年底，中国主要能源矿产储量为煤炭2078.85亿吨，石油36.89亿吨，天然气63392.67亿立方米，煤层气5440.62亿立方米，页岩气3659.68亿立方米。2022年10月26日，国务院发布《2030年前碳达峰行动方案》，提出要推动天然气在更多领域和行业中替代煤炭、石油等化石能源，加快实现“双碳”目标；并将天然气纳入能源转型重点领域；加大油气管网设施建设力度。

天然气从古至今备受青睐！

非常规与常规分野，天然气队伍日益壮大

天然气在地下完全封闭的地质构造之中，深度少则几百米，深则几千米，有的与原油储藏在同一层位，有些单独存在。如果储藏在同一个层位，天然气就可以和原油一起被开采，而单独存在的天然气，其开采方法也与原油的开采方法相似。

一般来说，天然气分为常规天然气和非常规天然气。常规天然气聚集在圈闭中，以常规钻井方式得到，开采方式相对简单；而非常规天然气呈大面积“连续型”分散分布，开采难度要大很多，比如以吸附状态、生成并储存于煤层及其围岩中的煤层气，存储在页岩层中的页岩气，以及分布于致密砂岩中的致密气等。

天然气的勘探，可通过地震仪的观测，测出由爆炸的电荷产生的震波，从而得知地表下岩石的结构；可通过地质勘探，找寻特别的岩层（含油或天然气）位置；还可通过地球重力的检查，以测量地心引







从塔克拉玛干沙漠到准噶尔盆地，

新疆油气田一派繁忙热闹的景象

位于新疆阿克苏地区拜城县的塔里木油田2号气田作业区内，高耸林立的钻机运转声此起彼伏，油气勘探开发有条不紊。在西气东输第一站克拉集气区，从地下喷涌而出的天然气被输入管网，一路东行，温暖沿线千家万户。塔里木油田是我国陆上第三大油气田，也是我国“西气东输”的主力气源地，为南疆和下游沿线15个省区市民生用气提供保障。摄影 / 苏华

力的改变，而测出石油或天然气的存在。

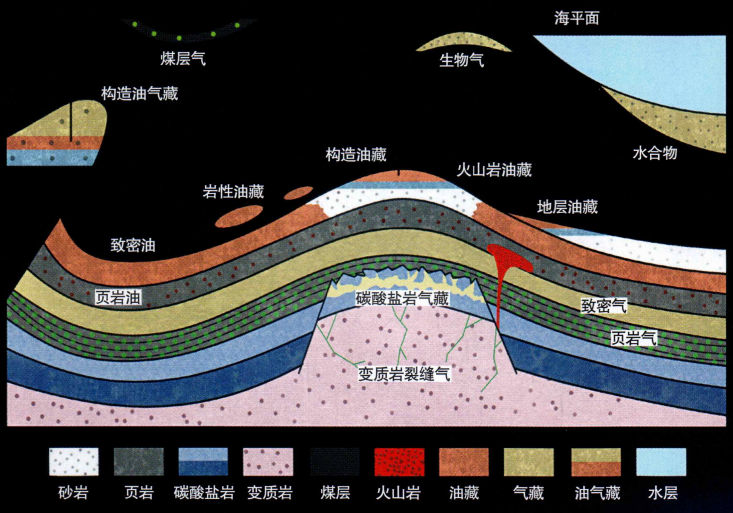
天然气的开采，首先也需要进行地质勘探，对地下煤层进行科学探测与研究，用专业的勘探工具进行地质矿床考察。鉴于天然气密度小（0.75—0.8kg/m^3），井筒气柱对井底的压力小、天然气粘度小、在地层和管道中的流动阻力也小等原因，天然气开采一般采用自喷方式。但有时候伴随天然气的开采进程，水体的弹性能量会驱使水沿高渗透带窜入气藏，从而形成死气区，大大降低气藏的最终采收率。这时候就需要排水与堵水两种方式处理。

天然气主要分布在我国中西部地区，东部天然气少，石油多。主要盆地有鄂尔多斯盆地、四川盆地、塔里木盆地，这三个盆地生产的天然气占全国天然气的80%。海域油气，以珠江口盆地产量较高。

在业界，有一句“一个人、一口井、

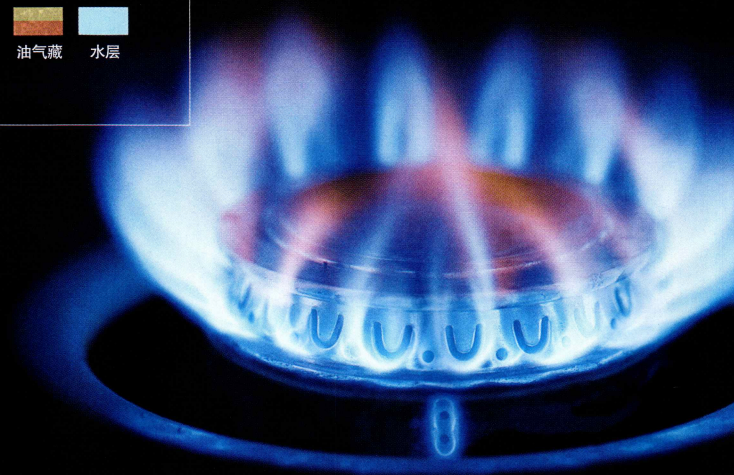
常规与非常规天然气，

在存在介质、开采方式、生产方式等都存在差异



常规与非常规油气聚集类型分布图

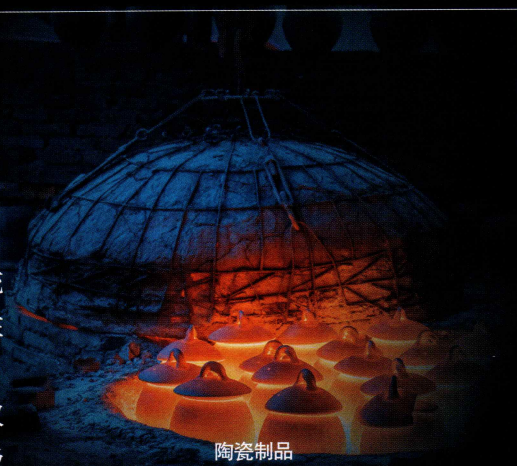
油气藏，是指聚集一定数量油气的圈闭，如左图与煤层气的分布不同，油气在其中具有一定的分布规律和统一的压力系统，应用常规天然气开采方式。想象这样一幅场景：当你回到温暖的家中，打开煤气灶，一股蓝色的火焰冒出来，在精美的灶具上燃烧，人间烟火气随之升腾出来，一餐美味就此盛入精致陶瓷碗中，之后随手拿起一瓶可乐、一份杂志，查看着冶金产业的发展近况……你不会想到它们与天然气都有着密切的关系。



一座城”的豪迈誓言，说的是2004年投产的新疆塔里木盆地库车克拉2号气田。这座气田在我国天然气工业史上具有里程碑的意义，截至2022年已经产出1270亿立方米天然气，可以供1亿家庭使用10年。就是因为克拉2号气田的出现，开启了西气东输。在这里，井深从2500到8000米不等，目前专业人员还继续向着10000米深度挺进。试想，当深藏于深层中那些沉睡的天然气被一个个唤醒，并引进人类生活，是多么精彩的瞬间！

经历漫长发展，如今的生活已无处不在

在我国，天然气发展迅速，其过程绝对是一部惊艳的科技发展史，更是创新史。从当初的纯人工，到今天的全自动化，是里程碑的突破，据说重体力劳动减少了90%，一口井的用工总量减少三分之一以上。从石油天然气地质学家邹才能院士的科普讲解中得知，还有一项技术堪称革命性颠覆，那就是由我国自主研发的


陶瓷制品

地下旋转导向系统技术。专家给这种系统在钻头上装上一副“眼睛”，使其在2000—4000米深度的地下自如行走，被业内人士称为“地下巡航导弹”，不仅定位精准，作业费用也大大降低，速度极高提升。

国家能源局发布的《中国天然气发展报告（2021）》显示，2020年，中国天然气消费量为3280亿立方米。而到2035年，全球以页岩气为主的非常规天然气产量可达到1.6万亿立方米，占同期天然气供应增量的近三分之二，非常规天然气在天然气总产量中的份额将从目前的14%上升至2035年的32%。

想象一下，如此巨大的天然气，就是从我们生活的960多万平方公里土地下面悄然纵横穿越，最终输送到千家万户。

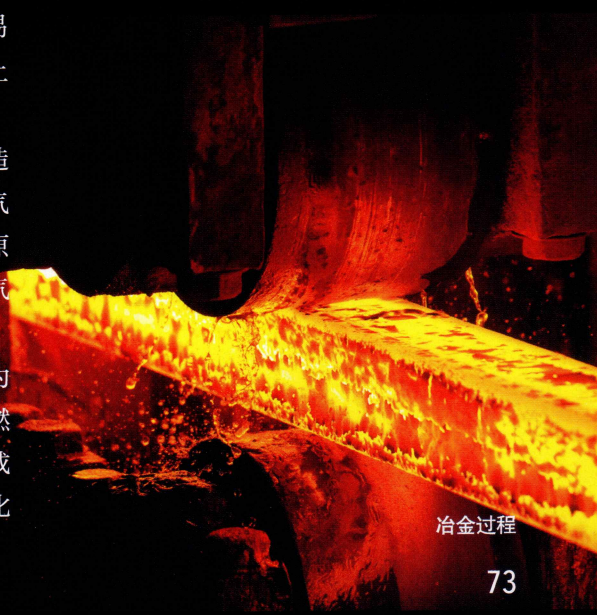
天然气之所以越来越受欢迎，是因为其与煤炭、石油等传统化石能源相比，更加洁净低碳环保，燃烧时产生的二氧化碳远少于其他化石燃料，能在很大程度上改善环境质量。同时，天然气在生活使用及安全利用上也具有显著优势。它无毒、易散发，比空气轻，一旦泄漏，会立即向上扩散，不易积聚形成爆炸性气体。

天然气主要用途是作燃料，还可制造炭黑、化学药品和液化石油气，由天然气生产的丙烷、丁烷是现代工业的重要原料，其成分主要由气态低分子烃和非烃气体混合组成。

天然气的应用范围极广，以天然气为燃料的燃气轮机电厂废物排放量会低于燃煤与燃油电厂，而且发电效率高，建设成本低，建设速度快；以天然气为原料的化工生产装置投资省、能耗低、占地少、人员少、环保性好、运营成本低；天然气还可用于造纸、冶金、采石、陶瓷、玻璃等行业，还可用于废料焚烧及干燥脱水处理；以天然气作燃料的汽车，其一氧化碳、氮氧化物与碳氢化合物排放水平都低于汽油、柴油发动机汽车，而且不积碳、不磨损，运营费用低，是一种极受消费者欢迎的环保型汽车。

而生活中最离不开的是天然气，用于燃气灶具、热水器、采暖及制冷。

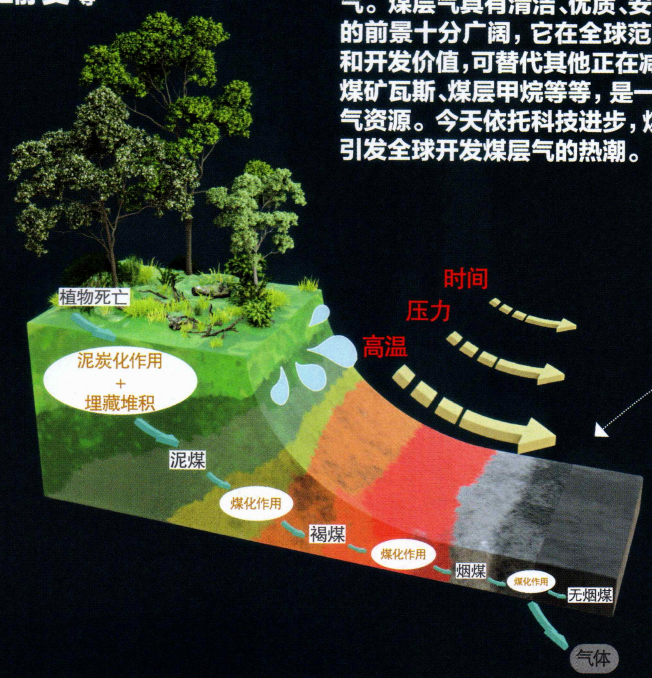
相信再走进厨房，打开燃气灶时，你面对那蓝色的火焰，一定会凝神关注，想起这“蓝莲花”的前世今生。


冶金过程

煤层气：来自地球内部，温暖千家万户

撰文
朱光辉 刘彦成
绘图
王静雯 等

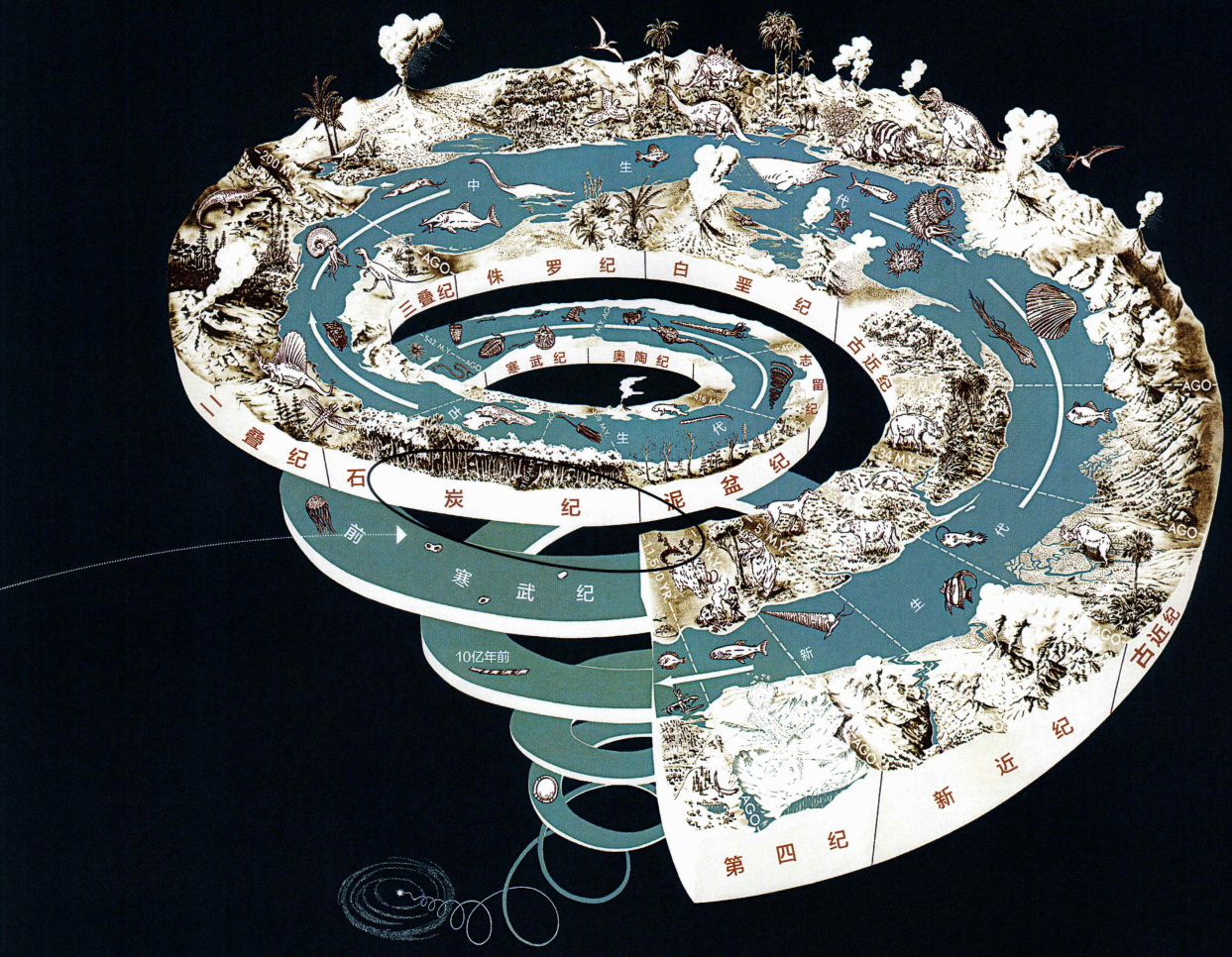
煤层气是与煤伴生的气体，任何有煤的地方几乎都有煤层气。煤层气具有清洁、优质、安全、高热值等特点，开发利用的前景十分广阔，它在全球范围内有着巨大的资源量潜力和开发价值，可替代其他正在减少的化石能源。煤层气又称煤矿瓦斯、煤层甲烷等等，是一种自生自储式的非常规天然气资源。今天依托科技进步，煤层气产业迅速形成规模，并引发全球开发煤层气的热潮。



煤炭源于陆生高等植物，在整个地质年代包括了三大成煤期：古生代的石炭纪和二叠纪，中生代的侏罗纪和白垩纪，新生代的第三纪。煤的成煤作用由泥炭化和煤化作用两个阶段完成。由植物—泥炭—褐煤—烟煤—无烟煤，是经过未成岩—成岩—变质作用—泥炭化—煤化的全过程。

煤层气是煤层在地质史漫长的煤化过程中所生成的以甲烷为主的非常规天然气资源，俗称“煤矿瓦斯”。煤层气一般以吸附在煤基质颗粒表面为主，部分游离于煤孔隙中或溶解于煤层水中，是煤的伴生矿产资源。

煤层气浓度达到5%—16%时，遇明火就会爆炸，这是煤矿瓦斯爆炸事故的根源。煤层气直接排放到大气中，其温室效应约为二氧化碳的21倍，对生态环境破坏性强。在采煤之前如果先采煤层气，煤矿瓦斯爆炸率将降低70%，煤层气勘探开发对开发新能源、环境保护和煤矿安全生产具有十分重要的意义。煤层气是近几十年在国际上崛起的洁净、优质能源和化工原料，其热值与天然气相当，可以与天然气混输混用，而且燃烧后很洁净，其燃烧几乎不产生任何废气，是上好的工



业、化工、发电和居民生活燃料。煤层气开发商业化能产生巨大的经济效益，为国家重要战略资源。

从煤到煤层气，历经层层磨炼

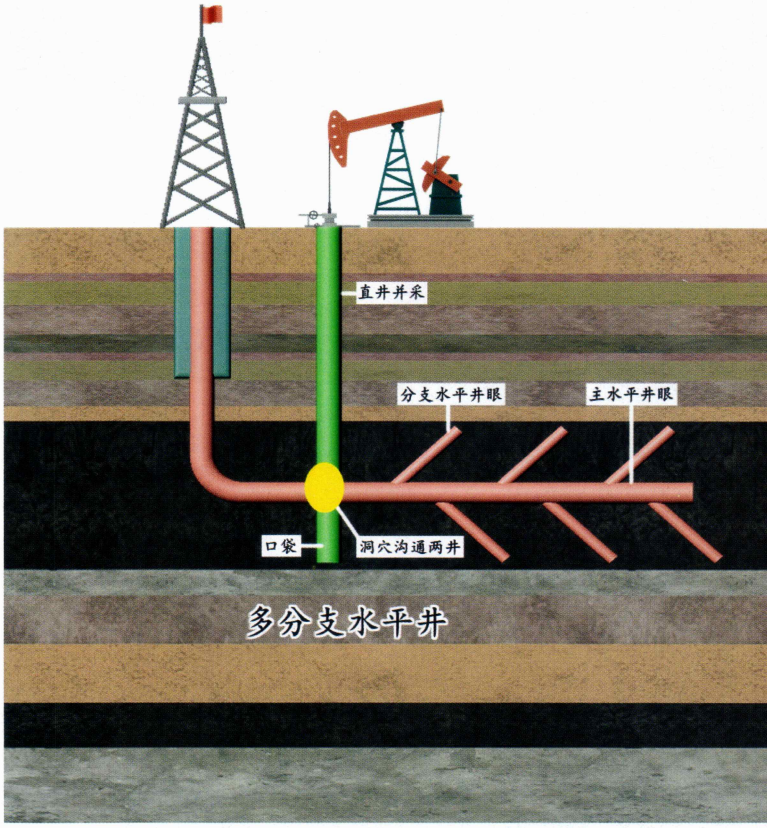
植物体埋藏后，经过微生物的生物化学作用转化为泥炭（泥炭化作用阶段），泥炭又经历以物理化学作用为主的地质作用，向褐煤、烟煤和无烟煤转化（煤化作用阶段），在煤化作用过程中，成煤物质发生了复杂的物理化学变化，挥发份含量和含水量减少，发热量和固定碳含量增加，同时也生成了以甲烷为主的气体，即煤层气。

煤层气勘探是煤层气地面开发利用的前期基础工作。其主要任务是为煤层气产业的远景发展规划、煤层气资源的开发利

用提供地质依据，并为煤层气资源勘探、开发、利用和科学研究积累资料。该工作是一项复杂的工程，必须以先进的地质理论为指导，采用国内外先进的技术和装备，遵循“统一规划、综合勘探、综合评价、合理开发”的原则进行，一般划分为煤层气地质调查、煤层气预探和煤层气井网勘探三个阶段。煤层气勘探方法众多，一般有地质法，地球物理法，地球化学法和钻、测井法，遥感技术等，其中地球物理法包括地震勘探技术、电法勘探技术。

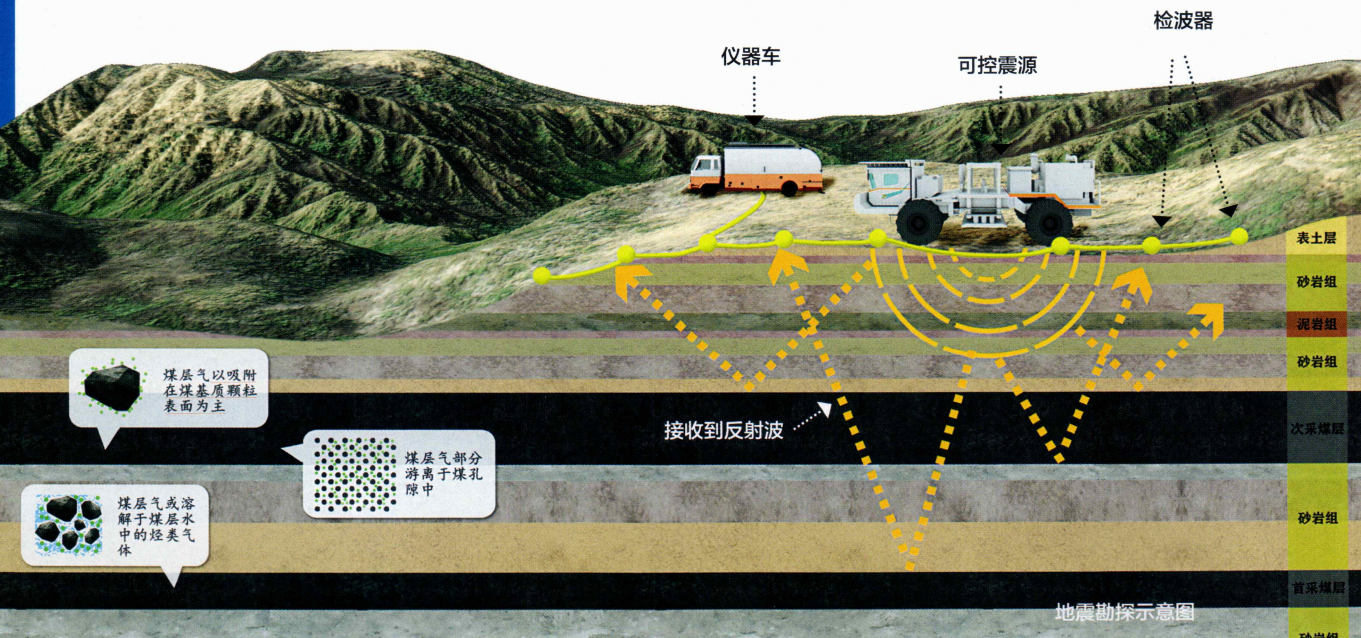
地震勘探是最常用的手段，该方法通过分析测井资料，利用岩石物理特征以及地震波场特征来研究煤层岩性、含气属性等煤层气特性，根据煤储层参数与井震数据之间的关系，预测煤层气的富集区。

微地震监测技术是记录在生产活动中造成的微小地震事件，以分析生产活动造成的影响的地球物理方法，其理论基础是声发射现象和地震学。将微地震监测应用于煤层水力压裂能够有效地对压裂施工的效果进行评估；该方法能够估算改造完成后可开采煤层气的储量；最后，通过确定在压裂过程中产生的裂缝方向和尺寸，为后续的煤层气开采及二次开发提供有效的参考。

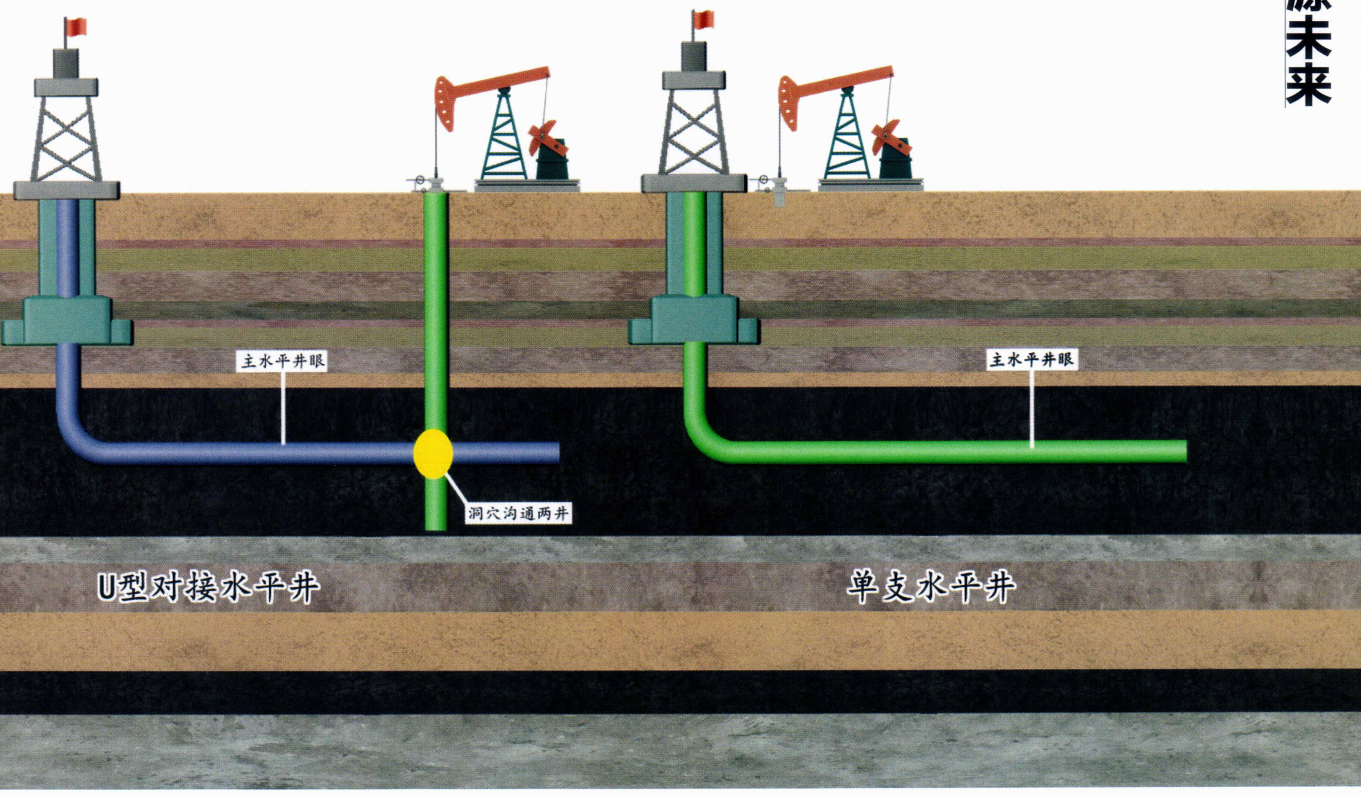


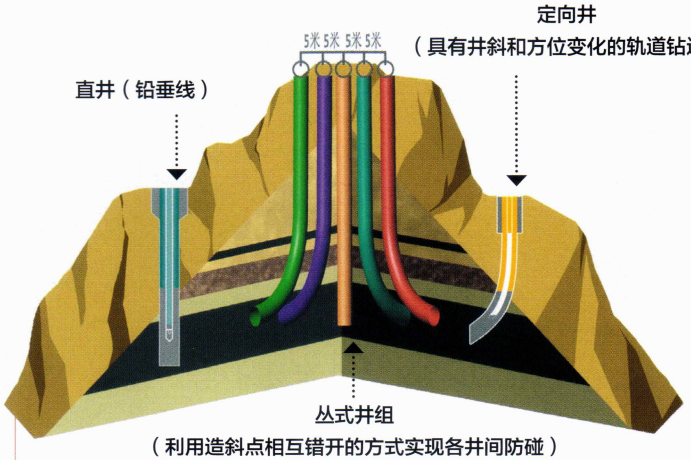
多分支水平井

煤系形成于陆相和海陆交互相沉积环境，砂岩、泥岩、煤层等互层频繁，旋回性极强，在垂向上可形成多套“生储盖组合”，使得同一岩层兼具源岩、储层和盖层的功能，导致同一组合中天然气既有自生自储性质，又有它生它储特征，这一



地震勘探示意图





随着现代钻井新技术、新工艺、新装备发展

复杂结构井不断涌现

多分支水平井是指在一个主水平井眼两侧再钻出多个分支井眼作为泄气通道，能够穿越更多的煤层裂缝系统，增加泄气面积和地层的导流能力。U型对接井是指两口不同位置的井口在同一目的层联通的井组，由于具有能够最大限度沟通割理和实现排水排气同步进行的特点，在煤层气开发中加大应用。如今随着钻井技术的发展，煤层井壁稳定性和排采工艺的提升，单支水平井开发方式逐步成为目前最高效、最适宜的煤层气水平井开发方式。

“同源共生，盆地共存”的特点是实现煤系地层“三气”合采的地质基础，形成了以吸附相为主的煤层气、以游离相为主的煤系致密砂岩气、吸附相－游离相共存的煤系页岩气，即通常所说的煤系“三气”。因此，单一储层开发成本高，产量低，为达到低成本、高效益和资源的高采收率，对煤系气藏的开发应采用合层开采的方式。

由于煤系“三气”赋存机理、压力体系以及储层的差异性，进行同井不同压力体系共采，是理想的高效开发方式。在同一井中设计多层管柱，构造不同的压力体系，采用水平井和直井混合井型，通过“多管柱分别导流”方式实现煤系“三气”同期分采。在深部地层中，利用“排气降压”代替“排水降压”，克服地层弱富水性的局限，另外，受成藏特性和储层

美国页岩气革命

改变着美国乃至世界的能源市场格局

页岩气和煤层气都属于非常规天然气，组成部分都是以甲烷为主，只是在地下的贮存环境、埋藏深度、开采方式等不同。美国加利福利亚州境内拥有丰富的石油资源，油气勘探开发已有近两百年历史，是全美油气产业最发达地区之一。引发世界油气行业关注的美国页岩气产业，目前就主要集中在加州蒙特利亚气田区域。



物性影响，“三气”具有的低孔低渗性决定了合采工作中需采用水平压裂工艺增产。最终通过“储层并联，气水串联，井下检测，井上控制”，结合分隔合采技术，避免层间干扰现象，真正实现“水走水路、气走气路”。

世界范围性开发，煤层气前景可期

煤层气是一种新型洁净能源，其开发利用可一定程度上弥补常规油气能源的不足。煤层气可以用作民用燃料、工业燃料、发电燃料、汽车燃料和重要的化工原料，用途非常广泛。每标准立方煤层气大约相当于9.5度电、3立方米水煤气、1升柴油、接近0.8千克液化石油气、1.1—1.3升汽油，而燃烧所产生的污染，煤层气（甲烷）燃烧后生成二氧化碳和水，大体上只有石油的1/40，煤炭的1/800，几乎没有污染物，因此它是相当便宜的清洁型能源，成为了常规天然气的补充和接替，及煤炭、焦炉煤气、水煤气、液化石油气、重油等燃料的替代。

世界上目前发现有74个国家蕴藏着煤炭资源，同时赋存着煤层气资源，已有近30个国家实施了煤层气的勘探开发。以煤层气开发最成功的美国为例，自1980年12月，美国第一个煤层气田投入开发，2008年高峰产量达到556亿立方米，其西部落基山脉的新生代含煤盆地，集中了美国84.2%的煤层气资源。美国煤层气产业发展经历的4个阶段：第1阶段（1975—1980年），理论探索



期；第2阶段（1981—1988年），技术攻关期；第3阶段（1989—2008年），规模应用期；第4阶段（2009—现今），萎缩衰退期，值得我们借鉴经验。

我国煤层气地质条件虽然不如美国优越，近年来，中联煤层气有限责任公司通过践行地质工程一体化攻关，在沁水盆地建成我国首个年产超过10亿立方米的煤层气田。我国埋藏2000米以内的煤层气资源量达到36.81万亿立方米，相当于480亿吨标准煤或370亿吨标准油，与陆地常规天然气资源相当。我国煤层气开采资源量约10万亿立方米，累计探明煤层气地质储量1023亿立方米，可采储量约470亿立方米。中国也成了继美国之后规模化开发煤层气资源的又一个国家。展望未来，我国煤层气的开发必将成为中国天然气开发中的热点。

黄土地层藏乾坤
在山西寻找煤层气

撰文
蒋殊
绘图
傅意凝 等

从鄂尔多斯盆地东缘到沁水盆地，穿越黄土高原、吕梁山到中条山，我们走了一条完整的煤层气探访之路，晋城是我们此行最重要的一站。因煤炭而生的三晋大地，拥有着完整的“黑色黄金”产业链，凭借四通八达的公路、铁路发挥着能源大省天时地利的优势。今天的中联人，利用现代科技的手段再次深入煤层，挖掘出新的“宝藏”，让这场寻访煤层气的考察之路有了更多的思考。



在黄土高原的广袤土地上，一座钻井平台巍然矗立，仿佛是一位钢铁巨人屹立于塬峁之上。钻井设备整齐地排列在平台上，随着强大的机械臂快速运转，勘探钻头咔嚓咔嚓地穿过坚硬的地壳，一路向下。在晋城沁水县嘉峰镇东西两侧的荒坡上，这样的场景并不少见。在这片被钻井平台所覆盖的土地上，每一座平台都像是一个小小的村镇，有着自己的居民、工人、设备和物资。它们默默地守护在这片广袤土地上，一步步挖掘出地下的财富，为我们带来了无尽的能源和希望。摄影 / zone

勘探是煤层气地面开发利用的前期基础，

为煤层气产业远景发展规划，

积累实践资料



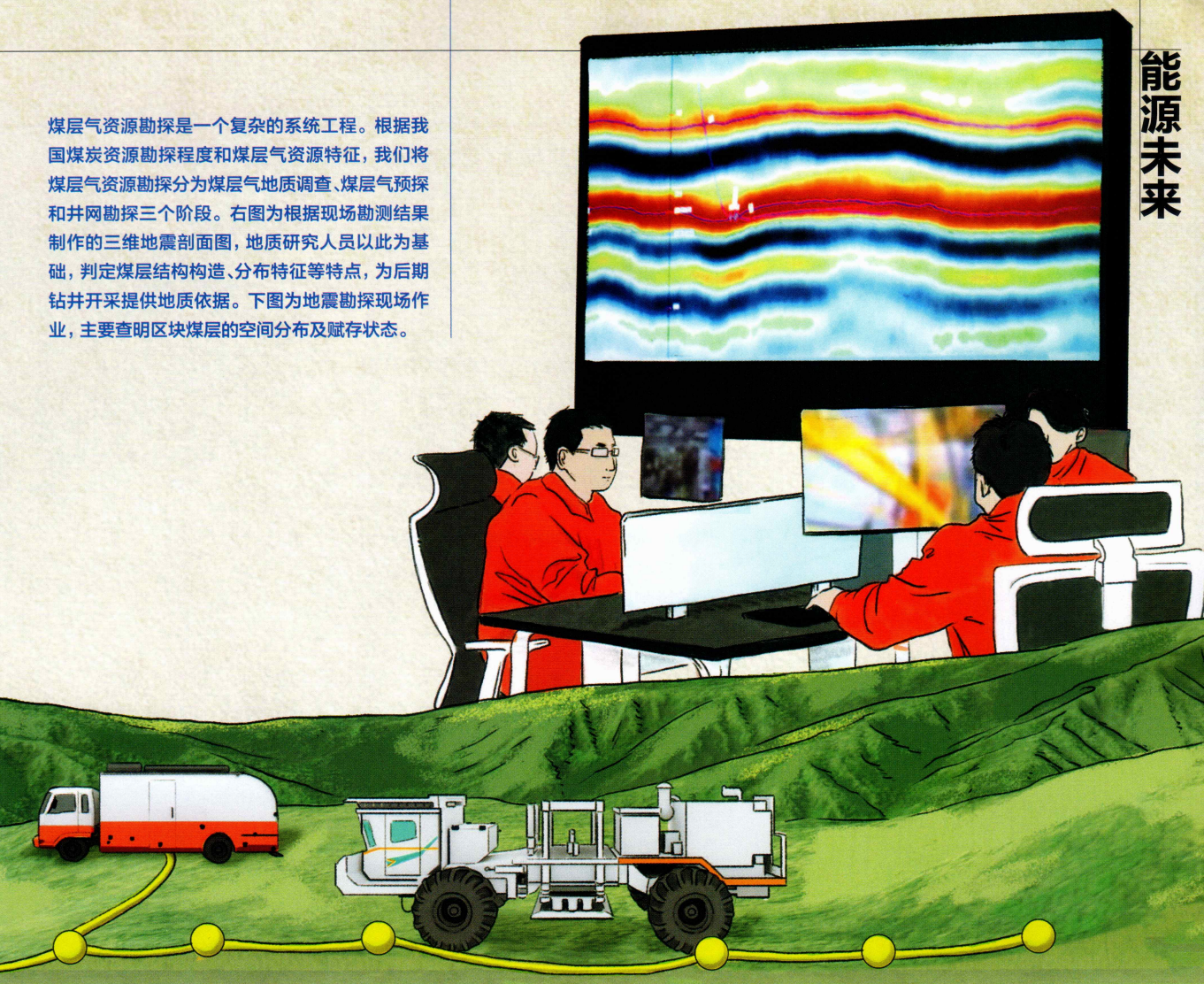
一月的山西大地，仿佛一切都还没有苏醒，半落的云雾遮蔽着四散的日光，折射进每一个角落。车窗外的风景，荒芜却不乏变化，起伏的山丘，让一切显得不那么单调。

出发前，我们在地图上划定了三个考察区块——晋西、晋中、晋东南，这是中联公司现在煤层气开发的三个主要储量区。众所周知，煤炭大省山西，自北向南分布有大同、宁武、西山、河东、沁水、霍西六大煤田，煤层气却有所不同，主要分布在沁水、河东、西山、宁武4个煤田，其中沁水煤田和河东煤田的煤层气资源量又占到全省煤层气总资源量的93.4%，在中国煤层气开发利用中占有极其重要的地位。

尽管煤层气存储在煤层中，却因其成气条件与诸多环境因素影响，导致含量大不相同，这也使得煤层气的开发充满不确定性，打个比方，如同抓盲盒，有可能打一口井拥有三口井的效益，也有可能毫无收获，所以长期以来，“高成本低收益”一直是制约煤层气开发的重要原因。

我们前往的晋城是个例外。作为山西东南门户的晋城，遍地是国家级重点文物保护单位，地层里也到处是宝，用专业术语来评价：这是一片煤层埋藏深度适中、厚度较大、热演化程度合适、含气量相对较高、孔渗性相对较好、单井产量高且稳产的煤层气富集区带，被

煤层气资源勘探是一个复杂的系统工程。根据我国煤炭资源勘探程度和煤层气资源特征，我们将煤层气资源勘探分为煤层气地质调查、煤层气预探和井网勘探三个阶段。右图为根据现场勘测结果制作的三维地震剖面图，地质研究人员以此为基础，判定煤层结构构造、分布特征等特点，为后期钻井开采提供地质依据。下图为地震勘探现场作业，主要查明区块煤层的空间分布及赋存状态。



称为煤层气里的“甜点区”。

而晋城的核心煤层气区——沁水，同样是一个风华绝代的县城。这里不仅因为“山药蛋派”代表人物赵树理而举世闻名，更有下川遗址、柳氏民居、湘峪古堡、历山等国家级保护单位与景观。就是这样一片文化重地，地下却深藏着庞大的煤层气。

寻访：沁水盆地里煤层气开采故事

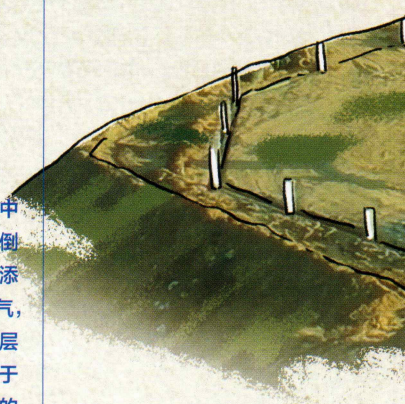
一行三辆丰田普拉多，行走在崎岖的盘山路上。冬日的黄土坡上，多日无雨水，雨刷器以最快的速度扭动，才能勉强冲刷掉前车扬起的黄尘。窗外两侧的山体，岩石泛着淡黄的色泽，层层叠叠，姑且叫它“黄砂岩”吧，天空是幽蓝，只剩枯枝的树木在高高低低的山头矗立成苍劲的美。于是，就连扬起的尘土，都有了仪式感。

三辆车在海拔800米的一处平地停下来。随着车停，争先恐后的尘埃也戛然停止前行，慢慢落地，像刚刚结束了一场战争。

这是一片宽敞的平地，集聚了抽油机、螺杆泵、压缩机、脱硫塔等煤层气排采的主要设施。四台红色抽油机并肩而立，兢兢业业地以它们的速度“磕着头”，将地层中的水缓慢地抽汲出来；螺杆泵在静静作业，它的泵深藏地下，只能

钻井、压裂是开采煤层气主要技术，可以有效提高煤层气的

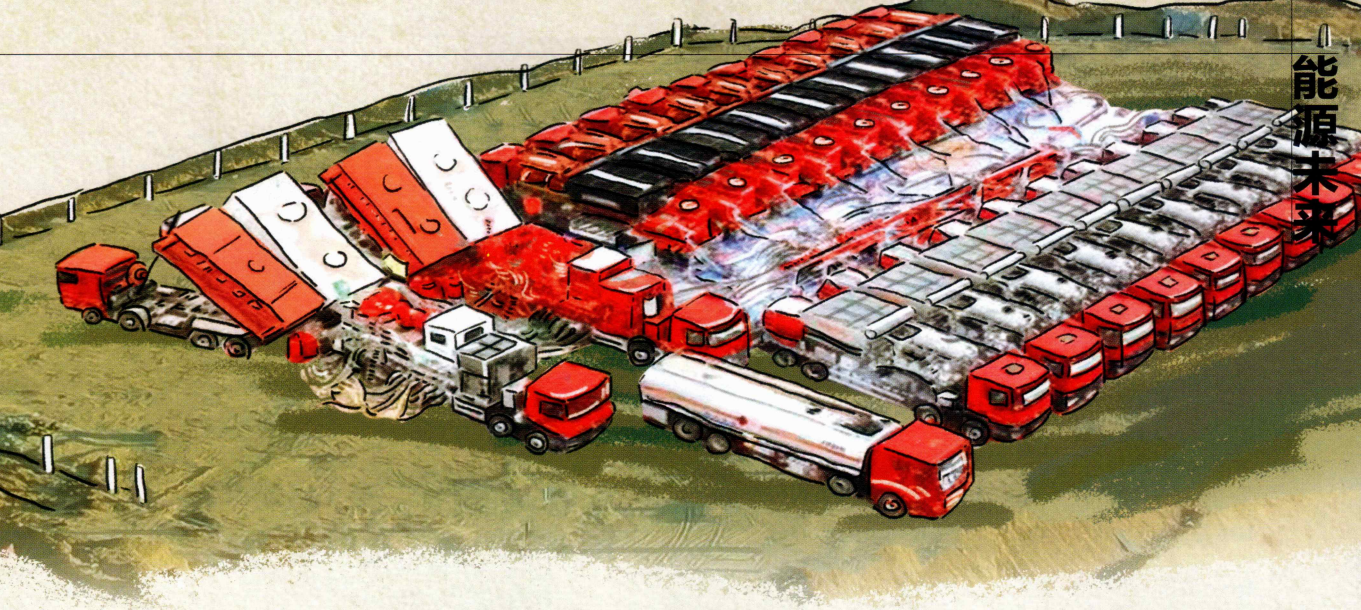
开采效率和产量



井位确定完成，需要开展钻井工作（左图），在井孔中安装套管，然后在环空注入水泥，以支撑孔壁防止倒塌，为排水产气提供通道；同时利用高压水和一定添加剂将水注入煤层中，使煤层裂开，从而释放煤层气，这一过程称为“压裂”（右图）。压裂完成后，煤层气从煤层内部流出并被抽取到地面。如今中联对于煤层气抽采流程，已实现智能化监测，使煤层气井的生产信息在现场和远程集中显示，具备实时监控、查询历史数据等功能，满足了煤层气排采监控的要求。

看到煤层水从管道里流出来，排向不远处的蓄水池；脱硫塔高高矗立，在阳光下发出亮眼光芒，走近，有些噪音，它在安全处理着煤层气中含有的硫化氢。

听着煤层气井每天产气几千甚至几万立方米的数据量，想象中排采井口应该是一个比较大的井口，没想到走近发现竟只有碗口大的井眼。四台采气设备距离大概五米，难道在地下不会打架吗？工作人员解释，其实四条管道到了井下，便要各



自通向四个方向，在互不相干的区域完成各自的工作，可以想见，在我们来的一路上，漫山遍野的磕头机之下，层层叠叠间交错出复杂繁琐的管道系统。

磕头机正在进行的是排采作业，即排水、采气。可是，为什么这台设备会叫抽油机？潘河采气作业区负责人豆高峰说，其实应该叫抽水机，它的目的就是将煤层中的水抽出来，煤层气便会从煤层中自动解吸出来。之所以叫抽油机，是因为这是直接沿用油气行业的称呼，因为原理相同，其名称也便延续下来。

在海拔800多米的这个排采作业台，非常典型，最里侧的四台抽油机，排采的是潘河区块薄煤层的煤层气；一组螺杆泵，排采的是煤粉与硫化氢含量较多的15号煤；而远处一角一台默默作业的老式抽油机，排采的却是当地最优质的3号煤。

同样的土地，不同的煤质，排采工艺自然也各不相同。从现场看，从3号煤排采出来的水很清澈，而15号煤排采出来的水却含有黑色煤粉。

真是一块肥沃的土地呀！从沁水县嘉峰镇一路沿沁河过来，又拐进几乎无水的潘河，两公里处就是中联公司的功勋排采井，这是中联公司的第一口产气井，隶属我国第一个国家级示范工程——沁水盆地南部煤层气开发利用高技术产业化示范工程。2004年11月8日开钻，20日完钻，井深318米。2005年7月7日投产，第5天开始产气，排采的就是当地最优质的3号煤层。初始阶段，产量每天为3000立方米。到2007年11月27日，产量峰值达到每天9456立方米。2019年2月17日，功勋井因煤矿开采停产，累产1977.6万立方米，停产前日产还有2328立方米。

湛蓝的天空下，两台曾经立下汗马功劳的红色抽油机坚守在原地，坦然接受着一批又一批参观者的瞻仰与致敬。

再前行一公里，便到了潘河村。潘

排采、集输、销售一体化，

以实现更高效、更可持续的能源开发和利用

在充分考虑煤层气开采和地质环境保护的前提下，整合煤层气集采销售系统流程，有助于优化煤层气输送和储存，减少输送过程中能源损失和环境污染，自由调度直接服务于市场需求。中联公司晋太分公司，其所辖的潘庄、柿庄南区块地面工程已实现投产井管网全覆盖，积极响应“气化山西”号召，天然气就地利用、余气外输的保供责任，大力支持当地民生用气，以低于市场价格的优惠气价优先供应地方居民用气，惠及城镇近20万居民。

河，是一个小村庄，本就只有几十户人家的村庄，今天更剩下二三十位七八十岁的老人。一定要进村看看，因为一路陪伴我们的豆高峰，2005年刚进入中联工作时，就租住在村中的两处院子里。他记得，当年一共32名同事。村里原本只有一个小卖部，因了这群青春年少的采气人进入，小卖部一下增加到4个。

小小的潘河村，也因为这群采气人而热闹起来。

一晃已经是18年前的事了。今天跟着豆高峰走进这个村庄，想象着当初的繁荣。远远地，一位看上去80多岁的大娘

排采过程

坐在一个门边，正是他当年居住的院子外。豆高峰上前问，可否认得他？老人摇头。当豆高峰告诉她当年在旁边的院子里住过两年，常常到她的家里购买方便面，并由她亲自煮给他们吃时，老人终于想起来，对豆高峰说：“你变了，认不出来了。”

清静的村中，两人坐在石头上，回味当初艰苦却温暖的诸多关于吃的往事，让同行的我们也感觉到温暖。

17年过去了，科技有了飞跃，豆高峰进深山的交通工具，也由当初的步行和五菱宏光小面包车，改成了上山下坡都有劲的越野车，排采设备更是一再更新。

这是一个在地图上都不好寻找的小村庄，但因有了大量并优质的煤层气而享誉国内外。豆高峰说，这个村子出产的黄花菜质量非常高，非常奇怪的一件事情是，一般黄花花蕊都是六根须，单单这里的是七根须。

这里的黄花菜，很著名，也很抢手。

放眼望去，是一座又一座高高低低叫不上名字的山，像潘河村这样的村落在这里还有很多，它们零星地散布在山沟里，一代又一代的村民生活在此，而这片土地下面，有多少煤，又有多少煤层气？新兴能源产业的发展，实实在在地改变了这片千百年来只有黄土和庄稼的土地，以及世世代代生活在这片土地之上人们的生活。

奋进：年产超10亿立方米，中国煤层气产业的荣誉勋章

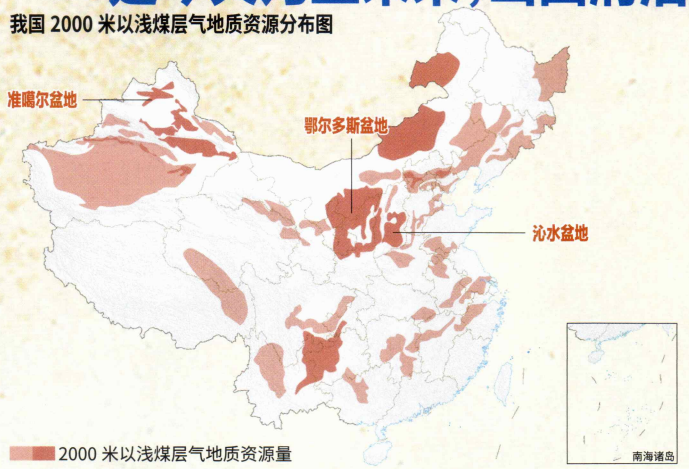
冬日的沁河，没有了往日的活泼，一侧的端润线依旧喧闹，从嘉峰镇到端氏镇的一路来往车辆不断。中联和美中合作的潘庄对外合作项目大楼里坐落在沿线，透

集气输气设备

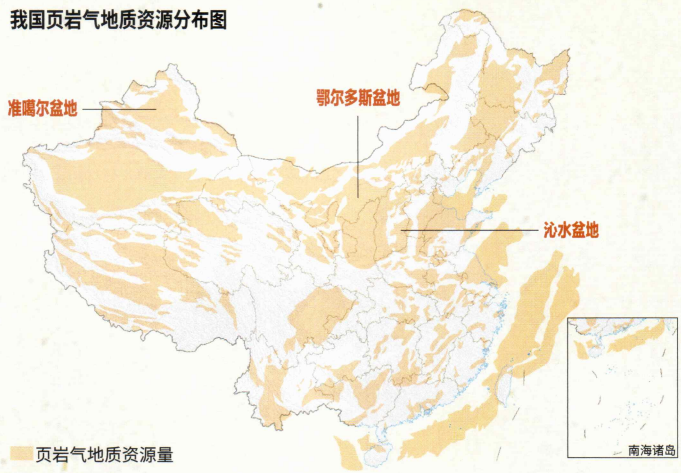
鄂尔多斯盆地东缘与沁水盆地，

是今天乃至未来，山西清洁能源开发的左膀右臂

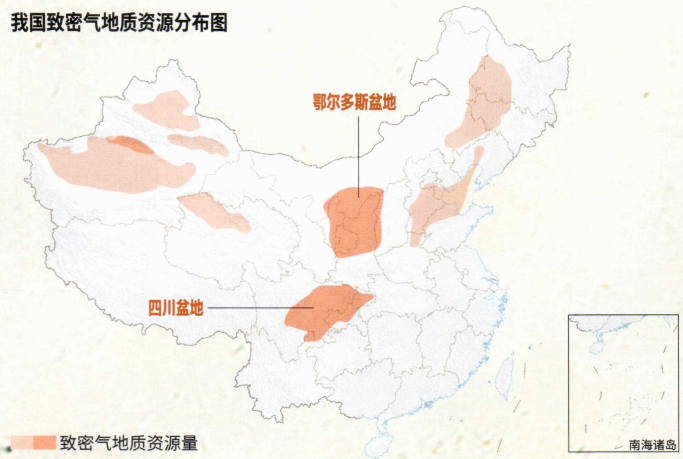
我国 2000 米以浅煤层气地质资源分布图



我国页岩气地质资源分布图



我国致密气地质资源分布图



目前，我国煤层气产量主要依靠鄂尔多斯盆地东缘和沁水盆地。根据中国自然资源部、国家能源局数据显示，鄂尔多斯盆地东缘成为中国煤层气、页岩气、致密气开发的重点区域，也是“三气”共探共采示范基地。位于晋城市沁水县的“潘河示范工程”是国家高技术产业化示范工程，也是我国第一个进入商业开发的煤层气田，右图为2005年投产的第一口产气井。截至2023年3月26日，该区块已建成430口生产井和完善的地面集输体系。

制图 / 王岩　摄影 / 林非

过一楼大厅里的沙盘，我们看到了潘庄区块（含潘河）的全貌。

豆高峰说，这片土地在2000年甚至更早的时候，就已经开始了煤层气前期勘探，最早介入的是晋煤集团。

成立于1996年的中联公司，正式开发潘河区块煤层气是在2004年，就在前一年，位于枣园的中联沁水煤层气田第一集输站投入试运行，日供气约7000立方米，到了当年年底共售出煤层气40万立方米，首次实现了商业性销售。

2004年，经国家发改委批复，正式开启“山西省沁水盆地南部煤层气开发利用高技术产业化示范工程”（简称“潘河示范工程”）。

2004年11月7日，潘河示范工程首口煤层气井PH1-007井开钻。一年后顺利投产产气，便是之前提到的功勋井。

2005年11月，潘河示范工程第一批40口先导试验井及4座阀组、1座集气站、1座CNG站建成，开采的煤田即便是从全国来说也是非常好的“甜点区”。豆高峰正是这一年入职中联，因此几乎见证了潘河区块整个煤层气开采过程。他说，尽管技术手段经历了从探索到



成熟，但最好时期的2009年，单井平均产量达到5000立方米，实现了我国煤层气产业的突破。

期间，采气井从最初的40口一路增加，最高时有205口，采气最高峰时每天有73万立方米。一直到2018、2019年，单井平均产量还保持在2000立方米。直到2023年的今天，尽管受采煤的影响，170口井每天采气量依然可达26、27万立方米。

从豆高峰的讲述中得知，沁水当地最优质的3号煤层，煤层厚度平均为6米，最高达10米。

2014年，稳产十余年的潘庄气田应用单支水平井技术率先挖潜15号煤新层系。2016年11月，潘庄对外合作项目完成国家批复的总体开发方案产能建设任务，正式步入商业性生产期，当年累计产气量达到5.06亿立方米，至今仍是我国最成功、最具经济性的煤层气对外合作项目。

2018年开始，中联公司在潘河煤层气田精心组织老井新层系排采工作。新层位15号煤22口单支水平井于2019年全部投产并实现智能化排采，平均23天见气，日产气量快速突破20万立方米，最高单井日产气量突破7万立方米，稳产高产前景良好。目前，中联公司依托潘庄潘河区块，建成全国首个年产超过10亿立方米的煤层气田，是我国开发时间最早、稳产时间最长、开发最成功的超大型煤层气田，成为中国煤层气产业的荣誉勋章。

从2005年第一口产气井——“功勋井”顺利投产至今，在潘河采气作业区，中联公司的工程技术人员面对不同的地质和开发条件，一直在不断探索新的、适合当地地质条件的开发技术，并

煤层气“吸附性”的资源特点，

决定了与常规天然气开采技术的差异特征

根据数据显示，我国对煤层气资源进行评价已有十多轮，煤层气总量接近36万亿立方米，随着技术的进步、区块增减，每年探明储量处于变化。从产量变化来看，2015—2021年中国煤层气产量整体上呈上升趋势，到2021年中国煤层气产量达到104.7亿立方米，同比上升2.35%。煤层气产量的增长主要是地面煤层气，未来深部煤层气潜力无限。供图 / 中联公司



推进精益管理，不断挖潜，寻找和发现地下埋藏的煤层气新层系。2021年，中联公司提出全新的合采开发模式，潘河采气作业区实现了当年部署、钻井、压裂、投产、评价、提储的“六个当年”。同年，在厚度约为0.5—1米的薄煤层开发上，实现国内首次薄煤层开采提储，薄煤层产气井平均产量超出方案预期30%。

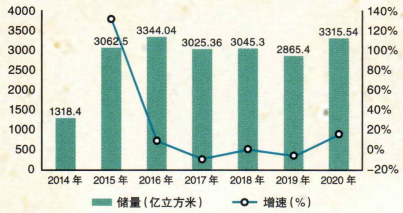
面积不到18平方公里的潘河作为示范工程区，通过精耕细作，让功勋老区持续保持稳产，焕发着勃勃生机，更为国内煤层气开发利用开辟了一条新路。

除潘河区块外，中联公司在晋太分公司还有大宁、潘庄、柿庄南、枣园、柿庄北、寿阳、古交、柳林等区块。另外还有晋西分公司的临兴区块。

山西是我国煤层气资源富集程度最高、开发潜力最大的省份之一，数据显示，山西省境内埋深2000米以浅的煤层气地质资源量约8.31万亿立方米，约占



2014–2020 年中国煤层气探明储量变化情况
资料来源：自然资源部



2015–2021 年中国煤层气产量变化情况
资料来源：国家统计局



全国煤层气资源总量三分之一。

每个区块，都是捷报频传。未来的煤层气开发，依旧向好。

回望：煤矿“杀手”化身新能源

山西形成规模煤炭开采的历史，可追溯至明代，可谓历史悠久。文字记载，最早的一次瓦斯爆炸事故，发生在明万历十九年（1591 年）春天，发生在甘肃靖远的矿井火灾事故，“煤窝火出触人。死者三人，其一人雾气提起数十丈，坠地首足俱碎”。

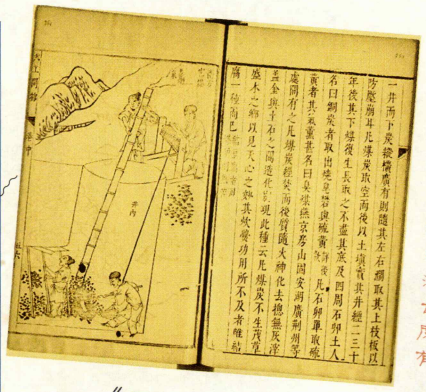
因为煤层气密度只有空气的0.55 倍，稍有泄漏便会向上扩散，当甲烷在空气中



煤层气开发历经曲折探索，

逐渐形成适合我国地质特征的煤层气理论与勘探技术

最开始煤层气，被认为是煤矿开采中的“致命炸弹”，曾夺走无数人的生命。18世纪早期，各国开始在开采煤炭之前预先进行瓦斯抽放。美国在系列财税补贴政策的激励下，依托科技进步，煤层气产业迅速形成规模，并引发全球开发煤层气的热潮。从20世纪80年代末开始，我国也酝酿通过对外合作引进资金技术，以期实现煤层气商业化开发。
供图 / 中联公司



《天工开物》

中国是世界上最早利用煤炭的国家，也是最早有历史记载的开展瓦斯抽放的国家。早在1637年我国《天工开物》一书出版时，便记载了一种利用竹管引排煤中瓦斯的方法。当时的人们用长长的竹管最大程度地排走煤矿内的有毒气体。



英国是欧洲煤炭储量较丰富的国家之一，也是西方最早开展瓦斯抽采利用的国家。在《天工开物》成书近100年后的1733年，英国一家煤矿首次进行了煤矿瓦斯抽放和管道输送的尝试。到1830年，英国煤产量占世界煤产量的80%，生产矿井中45%的甲烷通过管道抽排到地面进行利用。



随着世界经济的发展，煤炭资源被大规模开发和利用，煤矿瓦斯爆炸事故也频频发生。英国历史上约有15000人死于煤矿瓦斯爆炸事故。20世纪初期，美国每年有近6%的矿工葬身井下、6%的矿工终身残疾。1907年美国西弗吉尼亚州发生矿难，造成362名矿工遇难，最小的年仅12岁。

浓度达到5%—16%时，遇明火就会爆炸。所以有煤炭以来，就有瓦斯的伤害。瓦斯爆炸历来都是煤矿生产中最严重的灾害之一。

山西最早的煤矿瓦斯爆炸，记载于1603年的《高平县志》，事故发生在该县唐安镇一煤矿。

中华人民共和国成立后至2005年7月，全国煤矿19起事故中就有15起属于瓦斯爆炸，死亡人数达2140人。

惨痛的教训面前，人们也在想各种办法与瓦斯斗争。可是，谁能控制住暴脾气的瓦斯？产煤大省山西，也深受瓦斯所害。对瓦斯的研究与治理，也始终走在前面。

如果采煤之前先开采煤层气，煤矿瓦斯爆炸率就可以降低70%到85%。

从煤炭中分离瓦斯，最早的记载也是1637年的明代，《天工开物》中这样记载，“利用竹管引排煤中瓦斯”。到了近代，1938年开始，国内煤矿陆续采用机械设备开始了抽采瓦斯，但一直停留在抽取本煤层层面。

到了20世纪50年代，山西阳泉煤矿四矿因严重的瓦斯事故而被迫停产。痛定思痛，该矿历经三年艰辛研究，于1957年试验成功了钻孔法抽采上邻近层卸压瓦斯。

上邻近层，就是位于开采煤层顶板的煤层，这一抽采方法可以减少邻近层的瓦斯通过层间裂隙涌向开采层。



好消息接连不断。很快，中科院太原煤化所经过鉴定，发现这动辄发生爆炸的瓦斯，竟然“是一种利用价值很高的能源”。

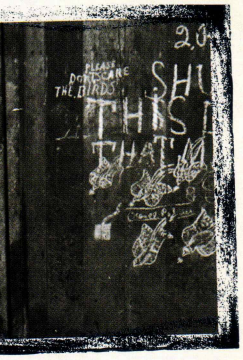
这一消息，无疑在业界引发了极大震动。这煤矿“第一杀手”，从此华丽转身，再不是人人避之不及的有害物，而是密切地进入人类生活，且较好地推动了社会的快速发展。据测算，1立方米纯瓦斯的热值相当于1.13升汽油、1.22千克标准煤，与常规天然气的热值相当。

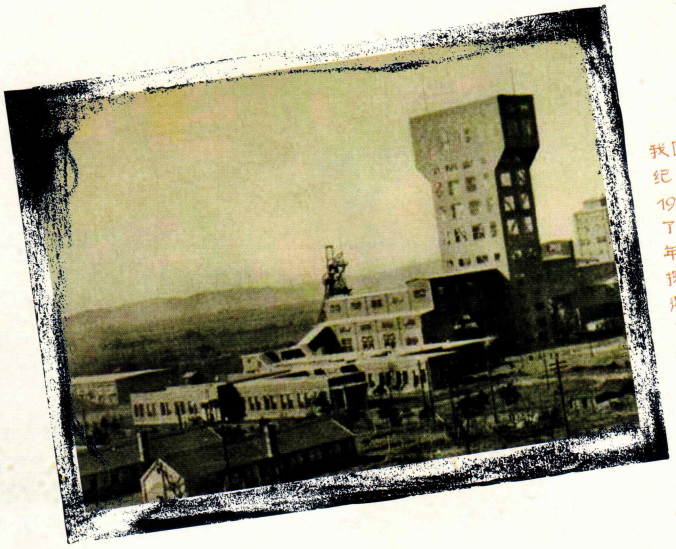


19世纪60年代，美国快速搭上了第二次工业革命的列车，美国东中部及西部形成了大大小小的煤田。煤炭的大量开采加剧了瓦斯的排空。人们逐渐意识到，瓦斯不仅是矿工的生命杀手，还是人类生存环境的破坏者。



美国在不断探索中逐渐将常规油气钻井技术引入到煤层气的开发中。1920年和1931年，美国先后打出3口煤层气自流井。经过近10年的探索，美国煤矿瓦斯地面抽采获得成功。一些石油公司纷纷介入煤层气开采，在政府的扶持下逐步形成了一个新兴能源产业——煤层气开发。





我国的煤矿井下瓦斯抽放始于20世纪50年代。为了消除瓦斯灾害，1957年，阳泉矿务局四矿成功试验了邻近层抽放煤层气的方法。1967年，我国在辽宁抚顺老虎台煤矿钻探出第一口煤层气地面井，虽未获得工业气流，但为后来的尝试提供了一些经验。1976年在国家领导人的指示下，石油企业在丰城矿务局打了两口煤层气地面井，日产1000多立方米，是中国最早勘探成功的地面煤层气井。



与发达国家相比，我国煤矿瓦斯事故发生的频率更高。我国煤矿高瓦斯和瓦斯突出矿井占总矿井数的46%。在中国煤矿重大恶性事故中，瓦斯爆炸引起的事故约占70–80%，造成的伤亡占特大事故伤亡人数的90%。

瓦斯成了能源，对于富含6448亿立方米煤层气储量的阳泉矿区来说，矿工们自然要近水楼台，率先用瓦斯烧水、做饭、取暖。

这座以煤为主要经济的小城，开始充分利用瓦斯这一新能源，到了1985年，长度超过百公里的一条管线，将瓦斯送入6万户居民家庭。

“阳泉市瓦斯供热工程”很快轰动全国，并被列为全国重点节能建设项目。

山西煤层气的开发利用，从最初的“被动防御瓦斯灾害”，上升为“主动开发清洁能源和化工原料”。2015年，煤矿瓦斯抽采全覆盖工程全面铺开，截至2020年，全省煤矿全部建成煤矿瓦斯抽采系统，有效促进了瓦斯的抽采利用。2020年当年，全省煤矿瓦斯抽采量达64.03亿立方米，占全国50.04%；利用量28.94亿立方米，占全国50.43%；利用率达到45.20%，高于全国平均水平0.37%。其中阳泉、晋城、西山、离柳、潞安五个矿区瓦斯年抽采量更是超过1亿立方米。

“变废为宝”，煤层气漂亮地完成了这一使命。

追溯：三晋大地上煤层气的勘探与开采之路

2022年4月，因为“献礼世界地球日”活动，笔者全面走访过山西省地质勘查局，耳闻他们在山西省煤层气勘探开发中发挥的作用。多年来，该局充分利用煤炭资源勘查中积累的经验与资料，进行了不间断的煤层气基础研究与勘查开发，为山西煤层气产业高质量发展提供了强有力的地质技术支撑。

为全面了解山西煤层气的勘探开采历程，笔者再次走访了山西省地勘局党组书记、局长彭东晓，他详细回顾了山西煤层气勘探开发的四个阶段。

第一阶段，开始于阳泉煤矿试验成功上邻近层瓦斯抽放技术的1957年，这一瓦斯抽放技术在全国推广之后，使得中国煤矿瓦斯抽才有了迅速发展。到了80年代中期，更借鉴了美国对煤层气开发利用的成功经验，石油、煤炭、地矿系统先后开始了煤层气基础理论的研究与探索，持续到1991年。

第二阶段是1991—2000年，这期间重点开启了煤层气试验井及目标评价。原煤炭工业部、地质矿产部在联合国开发计划署的资助下，在山西沁水盆地及内蒙古鄂尔多斯盆地东缘等煤矿区优选出有利目标区，有针对性地开始了煤层气的钻探试验，并由此发现了沁水盆地南部的晋城地区，鄂尔多斯盆地的临汾大宁—吉县地区，吕梁三交及柳林地区等多个煤层气勘探有利目标区。1994年，由晋城矿务局与美中能源公司合作成立的晋丹能源研究开发公司，率先在沁水潘庄施工了7口煤层气井（PZ1—PZ7），打破了国际上公认的无烟煤煤层气地面开发的“禁区”，开创了全国煤层气地面抽采开发的先河。



1994年，我国与美国环保局合作成立煤炭信息中心，初步调研了国外煤层气开采技术、对外合作管理模式、能源发展战略、产业财税补贴支持政策等，最先提出了“先采气、后采煤”。在规划上“采气采煤一体化”的思路成为了我国煤层气开发的基本原则之一。



2003年，位于枣园的中联沁水煤层气田第一集输站投入试运行，日供气约7000立方米，当年年底售出煤层气40万立方米，销售金额约24万元。中联公司首次实现了商业性销售煤层气。

中联公司逐渐形成晋东南、晋中、晋西陕东三个主要储量区

中联公司通过自营与合作并举，首次实现了煤层气商业化开采，实施了第一个国家级煤层气开发示范工程，承担国家各类煤层气公益性勘探项目，主持或承担各类煤层与科研项目百余项，探索形成了一整套适宜于沁水盆地南部高阶煤的勘探开发技术体系建成沁水盆地南部和鄂尔多斯盆地东缘两个产业基地。近些年来，随着全国煤层气地面抽采量大幅增长，煤层气产业化实现突破。
供图 / 中联公司

此期间发现的潘庄煤层气田，是沁水盆地发现并已提交探明储量360.96×108立方米的整装大气田，目的层埋深206—850米，是目前我国总产气量最高的煤层气田。

第三阶段到了2001—2005年，重点对煤层气进行小井组开发试验。在晋城、柳林、大宁—吉县等地获得单井稳





2005年11月，潘河示范工程第一批40口先导试验井及4座阀组、1座集气站、1座CNG站建成，开始商业性试生产，实现我国煤层气产业的突破。



2006年，国务院将“大型油气田及煤层气开发”列为国家十六个重大专项之一，并确定中联公司作为这一重大专项的牵头实施单位之一。截至目前，中联公司已承担了沁水盆地南部煤层气直井开发示范工程、深煤层煤层气开发技术研究及技术装备、鄂尔多斯盆地东缘煤层气开发示范工程等十几个国家重大专项项目。



2006年，国务院将“大型油气田及煤层气开发”列为国家十六个重大专项之一，并确定中联公司作为这一重大专项的牵头实施单位之一。截至目前，中联公司已承担了沁水盆地南部煤层气直井开发示范工程、深煤层煤层气开发技术研究及技术装备、鄂尔多斯盆地东缘煤层气开发示范工程等十几个国家重大专项项目。

定工业产能，针对国内低渗特点的直井压裂技术和排采控制技术逐渐成熟。保德地区、宁武盆地南部、古交地区也开始了煤层气勘探。

第四阶段是山西煤层气进入规模开发阶段的2005年以后。这期间国家相继发布了一系列关于加快煤层气抽采利用的若干办法，并专门针对山西提出能源建设指导意见，明确提出要加速推进山西煤层气产业化基地建设，大力实施“煤矿建设、晋电外送、焦炭整顿提升、煤化工建设、煤层气开发利用、交通运输”六大重点工程。到2007年，煤层气产业已经发展成为山西新型能源和工业基地的新兴支柱产业，上升到全省能源、产业结构升级战略层面，成为山西发展新的经济增长点。

晋能控股山西科学技术研究院有限公司煤与煤层气共采国家重点实验室执行副主任李富国也介绍说，2019年5月29日，山西被确定为能源革命综合改革试点地区，煤层气勘探开发“增储上产”成为全省能源革命的重要抓手之一；2020年4月，打响了煤成气“增储上产”三年行动大会战。之后，实验室就煤矿区煤与煤层气协调开发模式进行了优化和细分，并创新发展了全矿区、全层位、全时段的煤矿区煤层气“四区（规划区、准备区、生产区、采空区）联动”井上下联合抽采机制和开发模式，被誉为“新晋城模式”。

而这一模式在全国的推广应用，直接的效果就是在全国煤炭采深逐年加深、矿井生产条件日趋复杂、生产矿井数量持续减少、煤炭总产量稳步增长的条件下，煤与瓦斯突出事故发生次数由“十一五”初（2006年）的39次、死亡239人，降低到“十三五”末（2020年）的事故7起、死亡30人。

未来：山西煤层气的国家担当

大多数人心目中，煤层气就与它存在的方式一样，总是默默存在于人们的生活中，悄然推动着社会的发展。

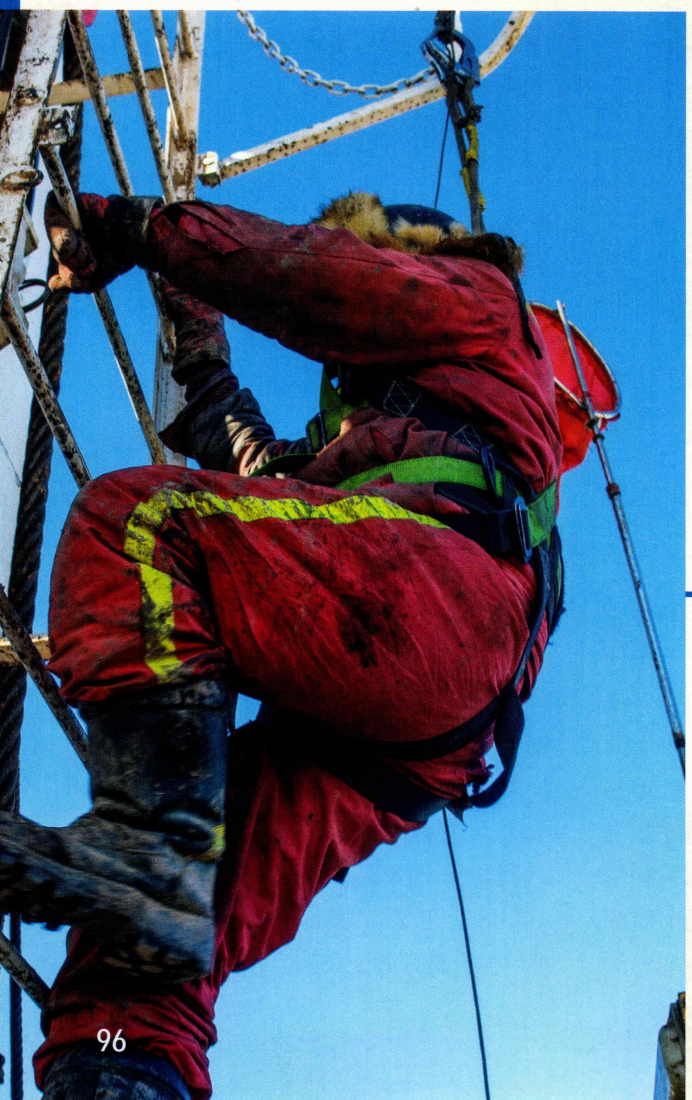
然而在沁水，走在煤层气潘河区块所在的嘉峰镇，一条街的景观却足以令人震惊，一家挨一家，全部为天然气生产及销售企业，国营的、私营的、国内的、国外的、合资的……才发现，早已有数不清的人，吃着煤层气这碗饭。粗略估计，仅这个小镇，煤层气上下游的从业人数也足够庞大。

煤层气可与天然气混输混用，不含一氧化碳，在使用过程中不会像水煤气那样发生中毒现象，而且燃烧后很洁净，几乎不产生任何废气，近年来成为在国际上崛起的洁净、优质能源和化工原料，在民用、工业、发电、汽车燃料、化工原料等领域得到广泛应用。

2009年，沁水盆地煤层气注入国家“西气东输”主干线，作为补充气源与新疆、陕西天然气同管同输，推动中国煤层气进入产业化、规模化开发利用新时代。

第二年，山西省政府提出“气化山西”战略，此后开启了从“燃煤时代”向“燃气时代”的跨越，通过主干和支线管网建设，使省级管网互相连通，把国家过境天然气和煤制天然气，山西煤层气、焦炉煤气和氢气等气源串到一起，真正实现了管网互通、气源互补，率先在全省119个县（市、区）全部用上天然气。

2015年，山西晋煤集团组建了科技部批准的全国唯一的“煤与煤层气共采国



走进煤层气人的工作现场：钻探、生产、安全管理每一环都至关重要

开着皮卡车、普拉多前往煤层气井现场，总能看到正在作业的工人和忙碌的机械设备交相辉映，在山西这个场景很常见。2023年，山西省人民政府办公厅印发《山西省2021—2025年矿产资源总体规划和煤层气资源勘查开发规划》，提出到2025年，力争新增煤层气探明地质储量5000亿—8000亿立方米，煤层气抽采量力争达到200亿—250亿立方米。山西，依然延续着“能源热土”的荣光。

供图 / 中联公司



家重点实验室”，实验室学术委员会委员由15位煤炭、煤层气行业国内顶级专家组成，成为全国最大的煤层气开发利用企业。实验室成立以来各种成果的有效转化，使得依托企业连续14年煤层气抽采量保持全国第一，其中晋煤集团成庄矿成为山西省绿色开采试点煤矿中唯一一座煤与煤层气共采的试点矿井。

全国最大的煤层气压缩（CNG）、液化（LNG）生产基地，也将压缩、液化的煤层气，长距离运输销售到全国7个省、20多个地市。山西已然形成了煤层气勘探、抽采、输送、压缩、液化、化工、发电、燃气汽车、居民用气等完整产业链。

今天，煤层气已成为山西工业、商业、交通等产业集群以及城乡居民生产生活的重要能源，以及全国最大的煤层气发电基地，也是世界上瓦斯发电最集中、装机规模最大的区域。

关于煤层气建设，山西省煤炭地质勘查研究院有限公司“屈晓荣职工创新工作室”领衔人屈晓荣也告诉笔者，“十三五”期间山西煤层气产业取得了快速发展，截至2021年底，全省境内共设置煤层气（油气）矿业权95个，累计施工各类煤成气钻井约20910口，累计探明煤层气地质储量7198.77亿立方米；2021年全省煤层气产量61.27亿立方米，进一步夯实了沁水和鄂东两大煤层气产业基地地位。

今天的山西已全面实现了城镇联通，截至2021年底，油气管网里程为8610公里。其中，国家过境管道包括西气东输一线、陕京一二三线、榆济线，省内里程1867.5公里，总输气能力560亿立方米/年，省内下载能力145亿立方米/年；省级管道里程6742.5公里，输气能力达到300亿立方米/年。全省“横贯东西、纵穿南北”的“三纵十一横”管网格局基本形成。管网已覆盖全省11个市，111个县（市、区），县级管网覆盖率达到95%。



在朝阳和落日中 抽油机不知疲倦地工作着

默默无闻，一众煤层气人，一直在躬身前行，在黄土高原的雨雪风霜中，在朝阳和落日中，恰如无数站立在高高塬顶上或者深深沟壑里的磕头机，还有深埋在地下管井中的螺杆泵，不知疲倦地工作着。他们肩负责任和担当，初心不忘，矢志不渝。这是时代的剪影，这是能源和未来的希望。供图 / 中联公司

当然，煤层气需要科学利用，才能发挥清洁能源价值。如果把它直接排放到大气中，其温室效应约可达到二氧化碳的21倍，对生态环境具有极强的破坏性。

2020年9月22日举办的第75届联合国大会上，中国发出自己铿锵有力的声音：“将采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。”

随着“碳达峰”与“碳中和”两个并称“双碳”的词在业界开始流行，山西随即挑起这份国家担当。底气，就来自煤层气这张闪亮的名片。

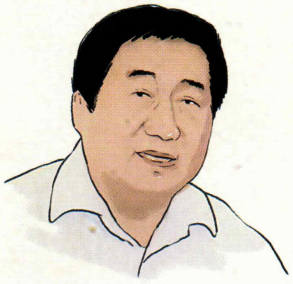
各方力量，也纷纷出击。煤层气产量山西之最的晋城承诺，要把资源优势转化为产业优势，全力做好煤层气开发应用这篇“大文章”；煤层气地质储量最大区的吕梁，也表示力争到2025年实现非常规天然气产业年产值超过340亿元；拥有丰厚煤层气资源的晋中，则提出一系列具体的落地措施，就是要加快打造新能源汽车产业园区，发挥吉利、美锦、斯纳德、中航兰田、保罗等新能源和专用车头部生产企业优势，大力发展绿色交通，加快太谷玛钢、祁县玻璃、灵石铸造等企业选用天然气作燃料实行技术改造，促进煤层气就地就近高效利用；煤层气富区临汾，更是已经批复非常规天然气液化调峰储气项目6个，总液化处理能力达到每天345万立方米，储气调峰设施和储气调峰能力居于全省首位。

回程路上，车窗外的高处突然出现两个红色身体、有着长长手臂样的设备，不停地向着我的方向有节奏地“点头”。心内一暖。两天时间，我知道了它的学名叫“抽油机”，俗名叫“磕头机”。它们正在荒无人烟的大山中，恪尽职守，夜以继日，抽采着大地深处的宝藏——煤层气，为人类的美好增光添彩，为地球的清洁竭尽全力。



对话张遂安：

关键词：
山西、煤改气、能源





“我一辈子就做了这么一件事”

张遂安

山西省太平洋煤层气研究院院长
欧洲自然科学院外籍院士

撰文 / 王芳

“我一辈子就做了这么一件事。”这是见到张遂安院长时他说的第一句话。我们的采访约在了太原市晋阳街北侧的一栋高楼里，山西省太平洋煤层气研究院坐落在此。

这是我国第一家面向全社会服务煤层气产业的专业研究机构，肩负着煤层气及能源的发展战略研究、高端智库、技术研发、全方位技术服务、科技成果转化和产业化的历史责任。研究院的走廊两侧悬挂着新能源、煤层气开发利用领域的国内外院士、著名专家及数十位教授级高工进行探讨研究时的照片，足以见得这个机构在煤层气领域里的分量。在院长张遂安看来，这个机构是为国家战备储备作先行准备的。

40年前，发现沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘两大含气盆地

作为一个一辈子从事煤层气的研究和开发的领域专家，张遂安拥有着众多头衔——中国最早从事煤层气研究、勘探、开发的先行者，欧洲自然科学院外籍院士，中国石油大学（北京）教授、博导，山西省煤层气行业协会会长……如今，年近古稀的他满是和蔼，我们握手寒暄时，他的眼睛笑成了一泓弯月。我去得早了一点儿，正赶上他急匆匆地扒拉着一碗热腾腾的方便面，同事说，那是他的午饭，他经常这样。

张院长虽然在山西扎根多年，甚至在外人眼里已经带上了山西元素，但他并不是山西人，而是山东人。1982年山东矿业学院地质系毕业后，进入煤炭科学研究总院西安分院从事煤层气研究与资源评价，曾任助工、工程师、高工、研究员。“七五”期间，他们完成了全国首次煤层气资源评价，30—35万亿方。张院长与同事张新民一同到煤炭部、石油部，后向能源部汇报，得到能源部陈明和总工的的认同。陈总回到煤炭工业局，即着手成立中联煤层气有限责任公司，经国务院批准1996年正式成立。张院长被聘为前线总指挥，从事煤层气勘探开发、项目管理、技术管理和技术研究，从此开启了我国煤层气产业化之路。在此期间，他提出了“以华北为中心、沁水和河东为重点、沁水南北两端为突破口”的发展战略，从现场选址到技术规范、工程质量管理，他亲力亲为，用中联公司高层领

导的话来说，“中联最早的气田是张院士指导着我们来开拓的，沁水盆地、河东煤田（鄂尔多斯盆地东缘），他太熟悉那片区域了”。

“40年前，我们开着吉普钻在沁水盆地和鄂尔多斯盆地东缘的山峁沟壑里，一个点一个点地跑的画面至今还印在我脑子里，那个时候很苦也很荒凉，没地方吃饭，啃干粮，住呢，得返回县城去住，有时候就在村里老乡家或废弃窑洞对付一下，就这样我们用了几年时间把基本情况都摸清了。有煤的地方就有煤层气，我们都知道山西有六大煤田，有太多的气需要开发，我们跑过以后，才知道相对条件比较好的就是沁水盆地和河东煤田这两块地方。”

中国的煤层气，主要储存在晋陕甘宁、新疆、两淮等地，山西尤其集中，是开发煤层气最理想的区域，迄今为止，山西开发最成功，也影响最深远。

煤层气的开采更是带动了地方的发展。张院长为我们举了一个例子。当时合作的一位朋友是沁水县端氏镇人，20多年前，他就对这个朋友说：你这里将来要变成最繁华的地区，遍地是高楼。这个朋友瞪大了双眼，明显不相信，还质疑这是说胡话，谁会来这里盖楼？也不怪这个朋友不相信，当时的那个地方是非常荒凉的山沟，连个饭店都没有。记得有一次跑了一天好不容易找个小店进去，饭菜还不好吃，逼得没办法，他们就找饭店老板商量，自己做，用你们的地盘，饭店老板吃着他们炒的菜，确实好吃，就让他们把菜的做法留下，作为交换条件，让他们免费吃了一顿。现在再去端氏镇，已经高楼林立，成为省级经济开发区，饭店到处是，这就是工业、能源带来的最直观的变化。

煤层气开发和利用，是在帮山西蹚出一条路来

回顾煤层气开发的这几十年，张遂安娓娓道来，言语间感慨万千。

山西是缺油少气多煤的地方，煤炭是支柱产业，煤层气的开采引发了很多改变。煤层气开发生产出来后，就进入了天然气管道，和天然气一起进入了千家万户，现在山西有开发的地方，用气率就高。老百姓最容易感受到的，是已经渐渐从烧煤变成了烧气，以沁水为例，气化率达到了89%。而且煤层气随着输气管道进入了河北、河南等周边省份，服务当地百姓。

能源，是国家战略物质，是国家安全的保障，从长远来讲，推进煤层气的开发，山西是在为国家做贡献。限制碳排放是国家战略方向，也将是很长时间内产业发展的一道“紧箍咒”。山西是产煤大省，煤电是支柱产业，如何面对和解决碳排放问题这个大课题。推广煤层气就是解决这个问题的途径，因此，在山西，对煤层气的开发还要再上一个台阶，这符合国际能源战略发展走向，可以利用国际资源推动行业发展，从而寻求自己的发展空间。

40年过去了，因为煤层气，张遂安留在了山西，用他的话来说，他生命中有一部分已经融入了山西，山西方言他虽然不会说，却能听得懂，有时候，晋南、晋北和晋中的朋友见面，他这个山东人还要充当翻译，他特别喜欢山西民歌，爱听，对于遍布山西各地的古建筑，更是打心里喜欢，热爱这浓厚的文化韵味。

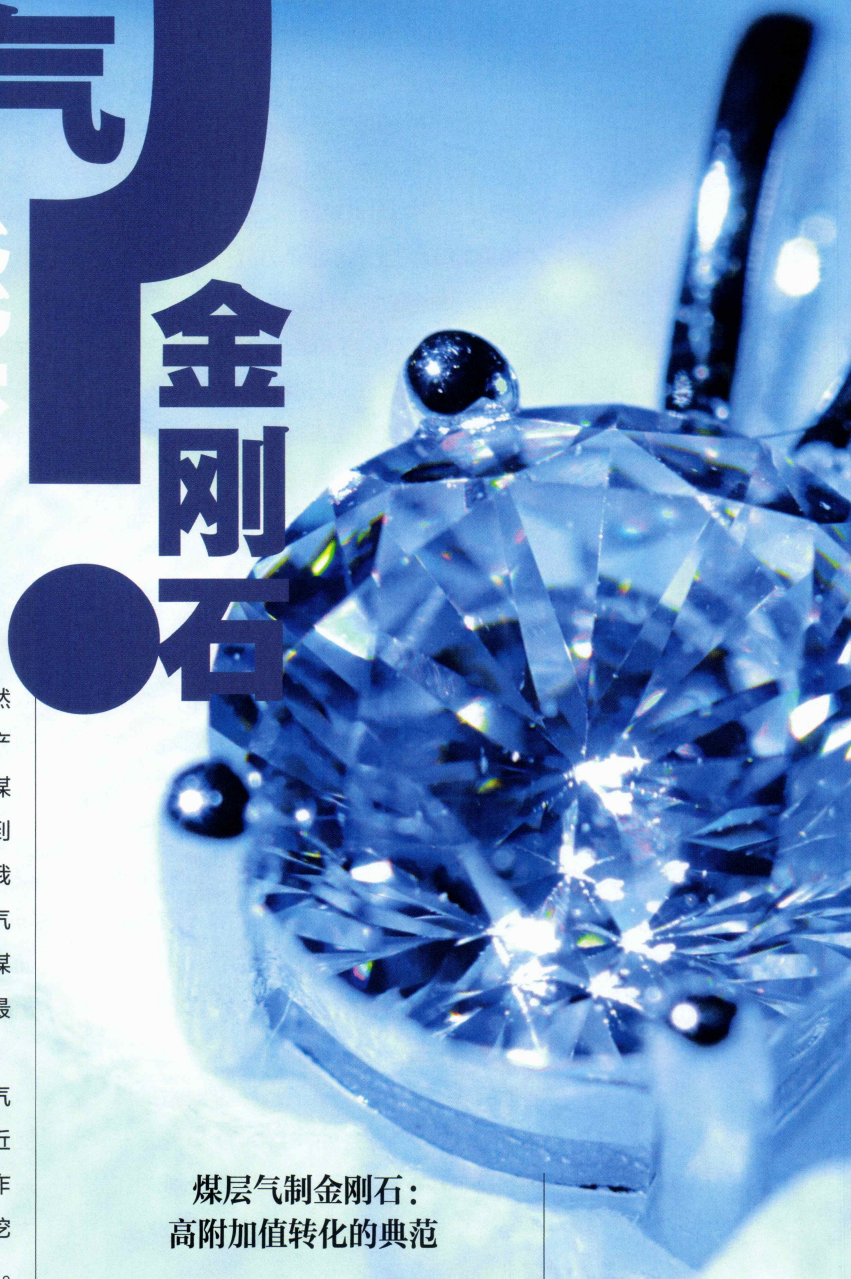
现在的山西，与40年前的山西，早已大变样。经历过荒山秃岭、煤坑遍地的动荡，物质困乏带来了环境的问题，折射着煤炭十年大发展引起的山西阵痛。现在回看山西，绿水青山的模样已经隐现，经济是解决问题的一个杠杆，发展才是硬道理，而煤层气的开发利用，或许为山西开发与保护寻找到了新的平衡支点。

对于山西煤层气的未来，张遂安充满信心。他说，只要行业能发展，他便不悔此生。

煤层气能变金刚石？

黑鸿君

太原理工大学材料科学与工程学院
副教授、超硬材料实验室主任



煤层气，不只是绿色能源

煤层气，俗称“瓦斯”，属于非常规天然气。其在煤化过程中生成，是煤的伴生矿产资源，以游离态、吸附态和固溶态富集于煤层中。目前，全球煤层气资源量预估达到260万亿立方米，中国占约14%，仅次于俄罗斯和美国，位居世界第三。中国的煤层气主要分布于西北和华北地区。山西省作为煤炭资源大省，是我国煤层气资源富集程度最高、开发潜力最大的省份。

煤层气主要成分为甲烷，热值与天然气相当，是很好的工业发电和居民生活燃料，近年来作为清洁能源得以大力开发利用。但作为燃料只是煤层气最为基础的应用，如何挖掘、拓展煤层气的其他应用一直是研究热点。目前除了从煤层气中提取甲烷用于化工产业外，还有更高阶段应用方式，就是通过科技的力量，用廉价的煤层气制备金刚石、石墨烯、氢能等具有更高附加值的产品，来提升整个煤层气的利用价值。

煤层气制金刚石：高附加值转化的典范

金刚石是含碳元素的单质，也是目前为止自然界中硬度最高的物质，拥有非常多的、无可比拟的优异特性，被誉为“21世纪的战略性材料”，以其超硬性广泛用于机电、光学、冶金等工业领域和现代高新技术领域，少量

高品质的会被打磨成光彩熠熠的钻石，成为大众喜爱的饰品。

在自然界中，金刚石诞生于古老的地壳运动，在高温高压条件下，由地壳中的碳元素结晶而成，陨石撞击地球瞬间产生的高温、高压也可能产生金刚石。天然金刚石由于分布不集中，开采难度较大，且资源储量有限，其应用受到了很大的限制。

煤层气制金刚石技术是利用国际上最先进的微波等离子体化学气相沉积法，将提纯和等离子体催化裂解处理后的高浓度煤层气，作为制备金刚石的原料气体，采用微波能量激发原料气体形成等离子体，生成的含碳活性基团和氢原子在基体表面发生反应，碳原子以sp3杂化方式排列形成金刚石晶核并长大，同时氢原子优先刻蚀掉生长过程中的非金刚石相，从而得到高纯度的金刚石。

该技术还利用低浓度煤层气以及金刚石生产过程中产生的尾气发电，实现煤层气资源的高效、绿色、循环利用。相比于现行高温高压（HTHP）技术能耗高、原材料叶蜡石不可再生、废液废渣污染环境等问题，煤层气制金刚石技术真正意义上实现了低碳、减排。

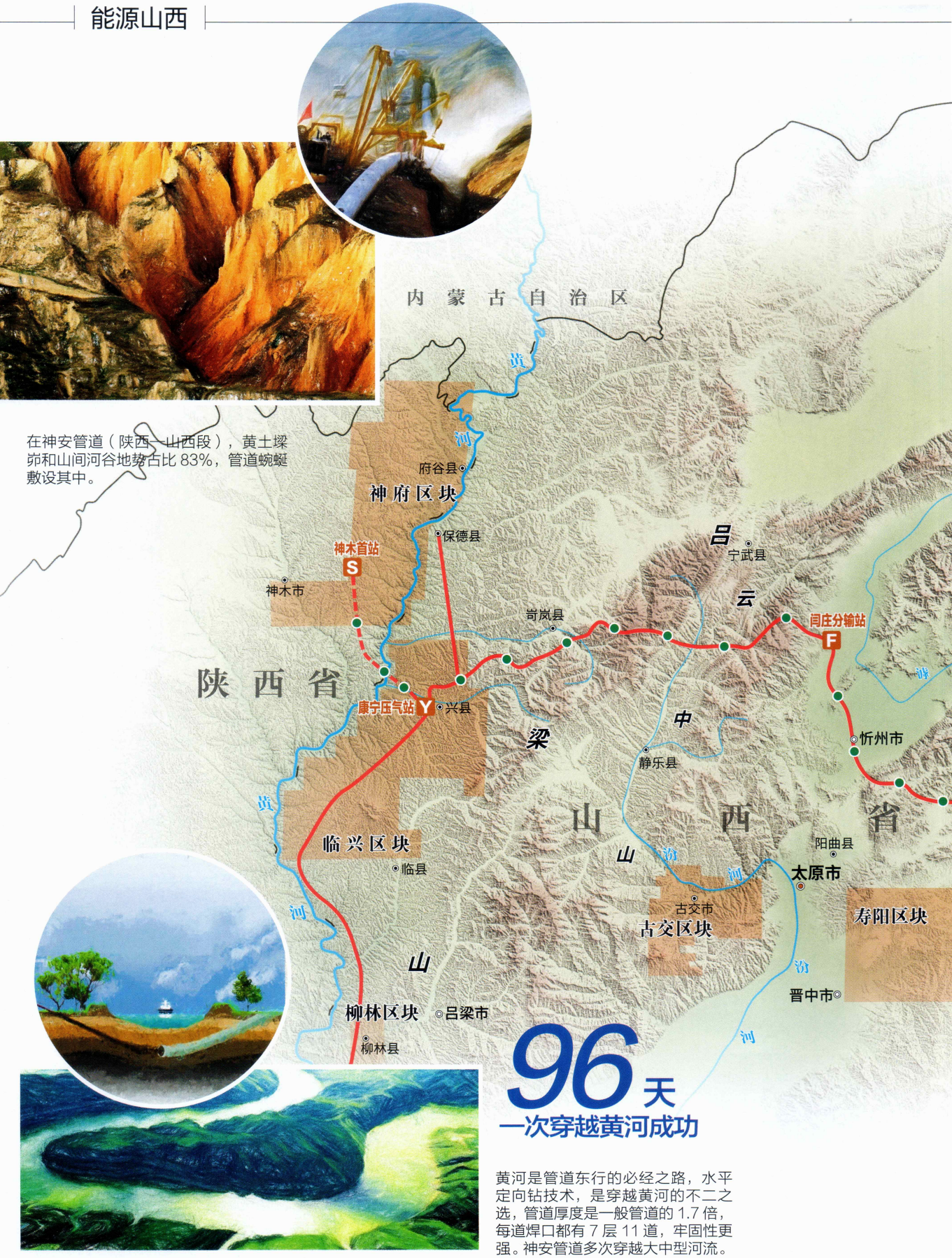
基于上述工艺路线，太原理工大学超硬材料实验室自主设计、研制的煤层气合成金刚石成套生产装备，可容纳的有效功率远超国际同类装备，生产同类金刚石产品的速率提升了2—4倍，实现了煤层气向全品类（包括多晶和单晶）金刚石产品的高值转化。

多晶金刚石可以用激光切割成任意形状，应用于机械加工、电子、航空航天及军工等众多行业。低端金刚石产品可制作刀具、掘进开采工具等；中端产品可用于芯片、大规模集成电路、高功率LED的散热器件等；高端产品可作为高功率激光器、太赫兹雷达输能窗口、导弹红外制导窗口等。

单晶金刚石主要用作饰品，学名为培育钻石，即通过一定的技术与工艺流程制造出来的钻石，是天然钻石的完美替代品。煤层气生长的宝石级单晶金刚石毛坯成色好、净度高，加工成裸钻后，价值提升100倍以上。单晶金刚石不仅在珠宝首饰行业具有极高的商业价值，在电子行业同样备受重视，被业界誉为“终极半导体”。未来煤层气转化为金刚石单晶半导体晶圆，其价值将提升数万倍。


单晶金刚石原材料

目前，煤层气制金刚石项目已产业化落地，实现了规模化生产。煤层气变成金刚石不仅提升了煤层气的消纳能力和综合利用水平，更具有重要的战略意义。超大尺寸电子级多晶金刚石和单晶金刚石半导体晶圆已成为全球最具竞争力材料，欧洲、美国等已纷纷投入巨资，并成立相关组织和产学研机构，推进相关材料的研发和应用。就在欧洲限制出口我国高端金刚石的同时，2022年8月份美国商务部也发布了对中国禁售金刚石相关的宽禁带半导体材料的禁令。我国亟须加速推进金刚石合成技术，突破煤层气向超大尺寸高品质金刚石产品转化的关键技术，自主生产出超精密机械加工、热管理、半导体芯片、激光制导、超音速飞行器、粒子探测、毫米波雷达、极端辐射与极端高能量密度应用环境等领域应用的金刚石产品，打破国际技术垄断，在未来核工业、武器装备及电子技术革命中占得先机。



在神安管道（陕西—山西段），黄土墚峁和山间河谷地势占比 83%，管道蜿蜒敷设其中。

96天
一次穿越黄河成功

黄河是管道东行的必经之路，水平定向钻技术，是穿越黄河的不二之选，管道厚度是一般管道的 1.7 倍，每道焊口都有 7 层 11 道，牢固性更强。神安管道多次穿越大中型河流。

神安管道

中国最长煤层气输送大动脉

2022年12月1日，中国海油对外宣布，中国最长煤层气长输管道——神木—安平煤层气管道工程全线贯通。它横跨陕、晋、冀三省，打通了沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘资源富集区与京津冀产业聚集区，以资源优势对接经济优势，实现优势互补，同时助力国家实现“双碳”目标，将来或与国家管线互联互通，完成海气陆气资源互补。着眼未来，神安管道的建成，对于煤层气产业的深入发展意义深远。

撰文　陈璐　供图　中联公司 等



31天
穿越南水北调中线干渠



14天
穿越京广普铁



9天
穿越
大围山
山体隧道

神安管道（山西—河北段），全长 548.95 公里，其中穿越 9 处大中型河流、6 处铁路、1 处太行山隧道，和顶管跨越南水北调中线干渠。其中大围村山体隧道安装工程是一个成功的样板，历经 150 多天的建设顺利完工。

穿黄土、越黄河、经太行，

把储存在黄土高原的煤层气资源

送往我国中东部地区

神安管道全长622.98公里，西起陕西省神木市，横跨陕、晋、冀3省7市17县，沿途共设置3座站场、1座分输站、2个清管站、27个阀室，采取“分段规划、分段建设、分段投产”模式建设。这条管道贯通投产后，将把储存在我国黄土高原的煤层气资源，源源不断地送往我国中东部地区。

制图 / 王岩

最长、最快、最难

多重数字谱写“海油速度”



关于神安管道的关键数据

神安管道自2020年7月启动建设，翻越吕梁山脉和太行山脉，并成功穿越黄河、京广普铁和南水北调工程；克服了历史同期最长雨季及极端寒潮天气影响。在有效工期被缩短七分之一的情况下，仅用28个月就完成全部施工建设任务，比原计划提前5个月。右下图为神安管道（陕西—山西段），管线铺设沿山脊线蜿蜒前行。

在中联华瑞天然气有限公司紧凑而朴拙的展厅墙上，有一幅涵盖陕西、山西和京津冀地区的区域地图，占据了整个展厅的三分之一，一条红线醒目地显现在地图中部，横贯黄土高原、华北平原。

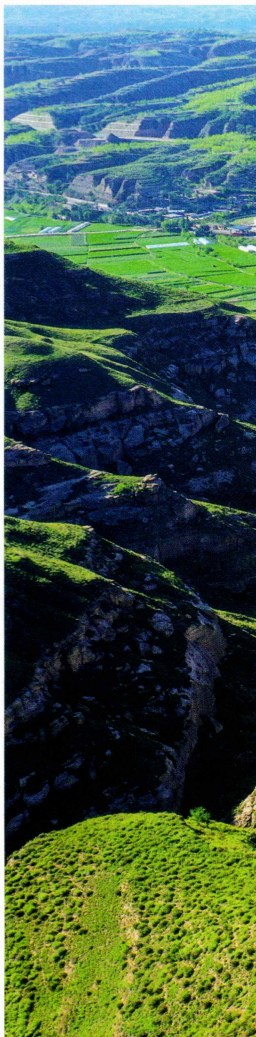
红线起于陕西省榆林市神木市，止于河北省衡水市安平县。这条线便是我国“最长”的煤层气长输管道——神木—安平煤层气管道工程（简称“神安管道”）。神安管道全长约623公里，途经3省7市17县，由中联公司统筹建设，是国家《煤层气（煤矿瓦斯）开发利用“十三五”规划》中所列的重点建设项目。

我们首次到访时，整个神安管道建设工程已经进入了收尾期。在黄土高原重峦叠嶂的山脊之上，几辆重型卡车排成纵队沿着山脊行驶。卡车的一边是被植被覆盖的陡坡，另一边是铺设管线的施工现场。目之所及一切都高效而有序，各自作业的板块动线相互照应又彼此区隔，互不干扰。

卡车不时与正在作业的挖掘机快速交汇而过，炙热的阳光照在车辆翻起的黄土之上。齐整的沟渠沿着山势蜿蜒而行，绵延至数十公里外的远方，直至视线的尽头。

这是整个神安管道工程建设的第三期现场，也是整个管道工程的最后一段——陕西—山西段，即穿越山陕交界的黄河的一段，全长仅72.2公里，但却是地形条件最复杂的一段，99.7%都铺设在晋陕黄土高原的沟壑墚峁之间，还要穿越6处河流、1条高速公路和1条国道。

纵观神安管道全线，共有220多公里须跨越黄土高原、穿太行山脉，还须穿越黄河、蔚汾河、岚漪河等多条河流以及南水北调工程总干渠、京广高铁和数量繁多的高等级公路，技术要求高、施工难度大、工期紧——这使得神安管道不仅仅是最长的煤层气管道工程，也是目前为止施工难度最高的管道工程之一。



为解决难采、更难输的能源困境，历时 6 年、5 版方案立项

“‘最长’意味着之前没有先例，之前国内最长的煤层气管道是通豫管道，地跨山西河南两省，仅100公里，管道长度和输气能力仅为神安管道的六分之一。”中联华瑞天然气有限公司董事长高辉说。

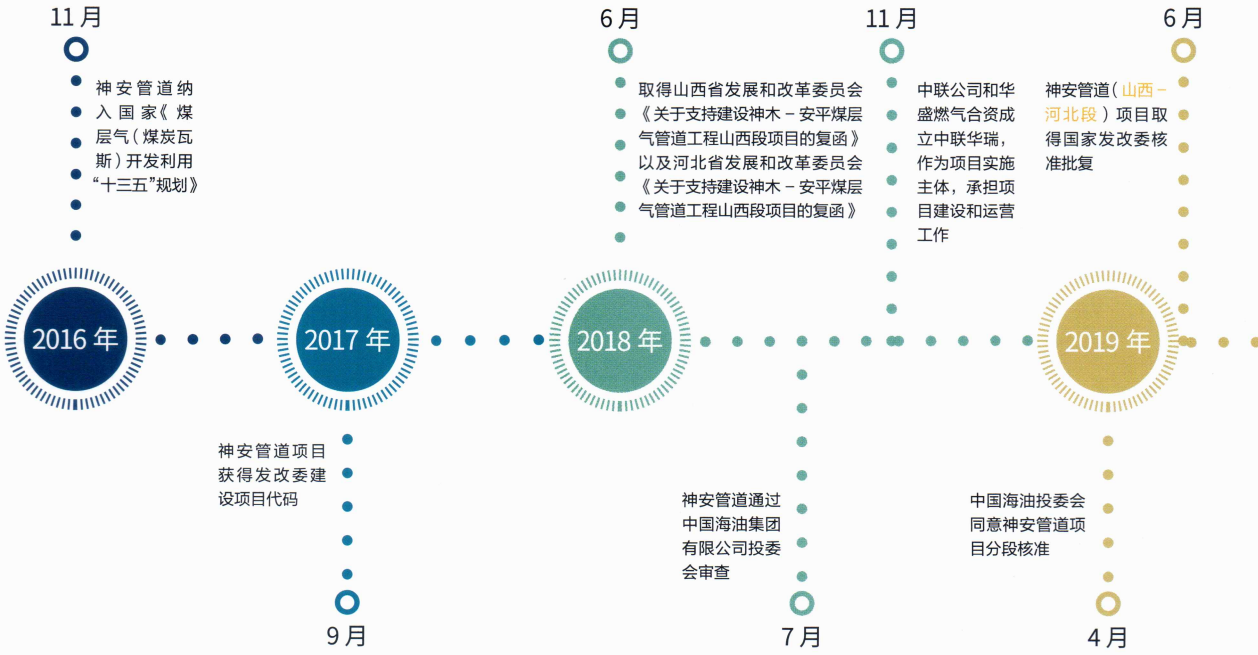
从中联公司规划计划部到中联华瑞，从2016年的神安管道项目筹备组成员到神安管道（陕西—山西段）项目经理、总协调负责人——高辉，见证了这条中国最长煤层气管道从“纸上蓝图”蜕变为“地上通途”的全过程。

“虽然整个项目难度高，但对于整个煤层气产业产销衔接的问题来说，神安管道的修建对盘活和改善煤层气行业的整体发展是最经济也是最高效的解决方案。”高辉说。

与国外同类资源相比，我国煤层气资源70%以上属于难采资源，要想做到摸得准、探得明、采得出、用得上，以及产地和市场能顺畅衔接，都是难题。

“煤层气的特点决定了一旦开井投产就不能随意关井，否则对整体产能影响极大，关井之后很难再恢复到原来的产量。但是目前中联公司的非常规天然气田主要分布在山西临县、兴县以及陕西府谷等天然气利用工业欠发达的中西部地区，气源地天然气市场需求不足，可供上载的榆济





线、陕京二线等过境国家管网，一到冬季均满负荷运行，保供需求往往是夏季的三倍以上，供需矛盾增加；但夏季取暖关停后，需求减少又会造成各大管网压力上涨，难以调峰。大量的气生产出来之后，可能当地市场消化不掉，比如因为季节等原因当地用气量不足，而储运条件也跟不上，又没有合适的管道并入国家的主网输送到用气需求量大的地区，于是多余的气只能在尽量减少环境污染、保证生产安全的情况下，想方设法处理掉，非常浪费。”中联华瑞天然气有限公司副总经理姚勇介绍。这些埋藏在地下深处的宝贵资源，经过漫长、复杂的勘探过程、再经过大量投资去建设、运行开采设施后，才被开采出来，如此白白浪费掉，令人心痛。煤层气资源和用户在时空上的分布不均，的确是开发者面临的一个大难题。

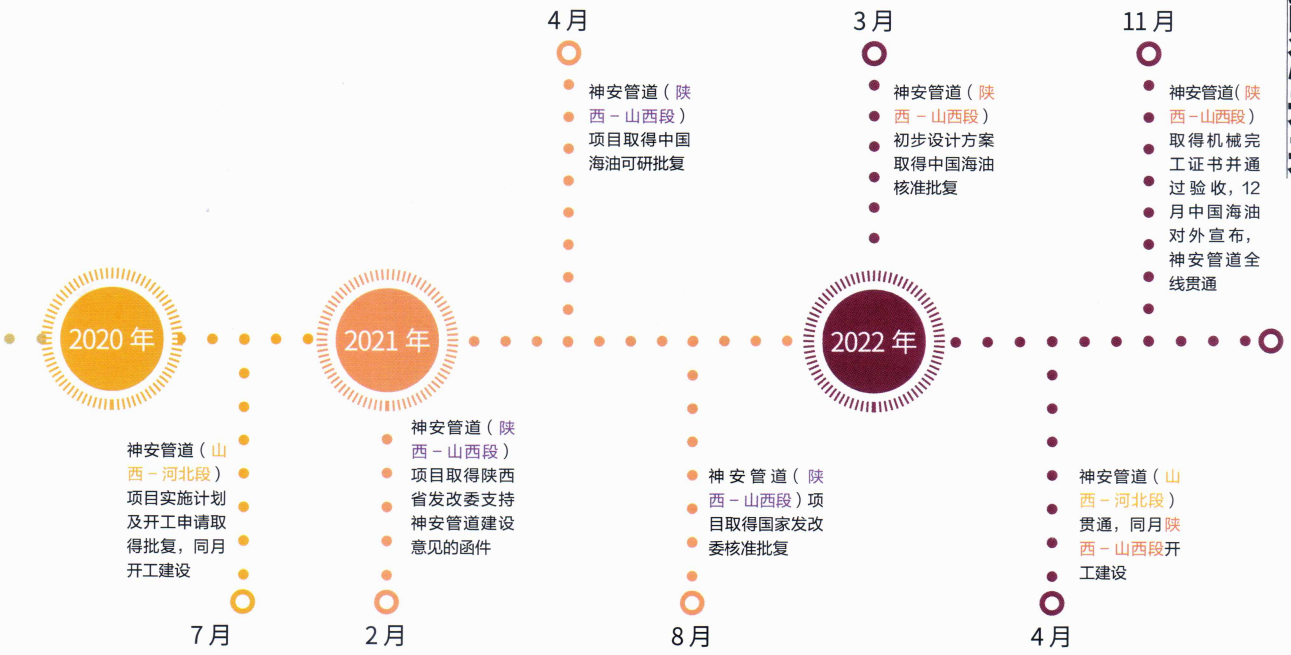
当地也有一些工厂在进行煤层气的液化加工，但规模都很小，只适用于零散气的加工。“大规模地建液化厂从经济投入到安全生产都不太实际”，姚工介绍说，“同时这边好多气矿都处在山区，冬天一下雪，运输车辆进出都困难，要想稳定输送液化气从客观上就很难实现。”

中联公司在沁水盆地和鄂尔多斯盆地东缘拥有临兴、神府、柳林、寿阳、古交等煤层气和致密气资源，资源量非常丰富，而且通过不断升级的勘探、开发技术，近年来探明地质储量还在不断增加。然而，由于在鄂尔多斯盆地的三大区块没有独立的煤层气外输通道，就算把气开采出来，如何送出去也是个问题，从而无法进行规模性开发，造成议价能力弱、长期面临资源动用率低、单井产量低、运行效率低等困扰。这不仅是中联公司一家面对的难题，也是整个煤层气行业长期面临的困境。

“长期的价格低位，造成煤层气致密气等项目开发很难通过经济门槛，进一步制约了上游企业的增储上产。”高辉说。

一方面，优质的资源运不出去，市场规模和经济效益差，导致企业参与度和投入积极性不高，整个行业在过去较长时间都处于负向发展的循环。

“中联公司1996年成立，最早我们的合作伙伴也有很多国际大公司，但是后面大家慢慢都撤出了，原因就是中国的煤



从规划、论证、施工到建成，神安管道得到了多方支持

神安管道是中国海油首条陆上非常规天然气跨省长输管道，国家能源局煤炭司从煤层气产业发展的高度大力推动项目落地，组织专家论证，并纳入到国家“十三五”规划重点工程。历经5版方案论证，形成最终施工方案，助力实现绿水青山和“双碳”目标。

层气开发对技术要求极高，而且资源禀赋、地质条件等情况不同，技术的适应性也各异。一项成熟技术，在一个区块有效，换个地方可能就无法适用。投入大，难度高，开出来又卖不出价格，也没法再继续投入。后来很长一段时间就剩我们在这个行业里一直坚持和摸索。”高辉说。

而另一方面，一些用气量大的省市地区天然气供应不足。以河北省为例，随着大气污染防治行动和“气代煤”等清洁能源替代工作推进，河北省天然气市场供需矛盾日渐突出，特别是到了冬季，供暖用气和工业用气叠加后缺口就更大。2021年河北省天然气消费量达228亿立方米，产量为5.28亿立方米，其中外供比例达97.68%。

根据《中国能源报》的报道，煤层气在国家能源局组织有关地区和重点企业研究编制的《煤层气（煤矿瓦斯）开发利用方案》提出，预计到2025年，全国煤层气开发利用量达到100亿立方米的发展目标，在国家“十四五”能源规划占比近40%。

企业需要盘活资源解决供需销售，刺激市场发展；国家战略需要调配能源，形成战略储备。在这样的背景下，神安管道项目在2016年11月正式纳入国家规划，在2019年6月获得国家发改委核准立项，后经过5版方案论证，历时2年7个月才形成了现在的最终施工方案。

为京津冀地区天然气保供提供新助力

越野车快速行驶在从山西吕梁到兴县的省道上，对司机班的师傅来说，这是这几年来非常熟悉的一条路。“工程最关键

神安管道全线建成贯通

推动晋陕地区

探明储量气田的资源潜力释放

2020年12月，中联公司天然气日产气量首次突破1000万立方米，非常规油气取得历史性突破。2021年2月，山西临兴气田探明天然气储量超1010亿立方米。这是胜利的消息，也是新的冲锋号角：产量上去了，外输能力更要跟得上，神安管道在此节点建成投产，意义非凡。

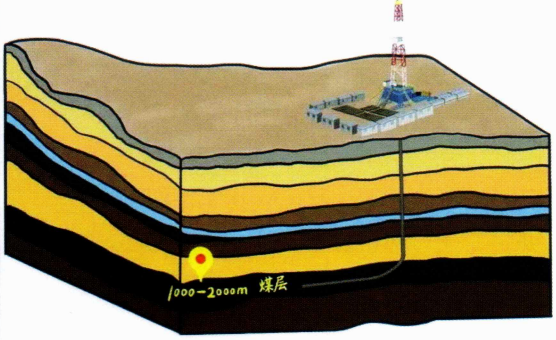


的时候，无论什么时候，只要工地上有事，我们要载着运维管理团队的同事随时去现场处理情况。忙起来，几个小时的路程，也要连轴转。”在运煤卡车交错的狭窄省道上，安全和速度同样重要。

中联华瑞天然气有限公司陕西分公司筹备组主要负责从神木首站至康宁压气站管道的生产运维工作，团队成员有50人左右，80%是大学本科毕业。再次拜访已经是2023年1月临近春节，除了在各个站点值班的同事，大部分都已经放假回家。

“同事们为了项目，很多都一年多没回过家了，如今项目终于竣工进入到运营阶段，今年就让大部分工程的同事早些回家过年。”中联华瑞天然气有限公司陕西分公司筹备组主要成员李一开介绍说。

2022年12月1日，中国海油对外宣布，中国最长煤层气长输管道——神木—安平煤层气管道工程全线贯通，进入试生产阶段，打开了晋陕地区天然气外输通道，为京津冀地区天然气保供提供新助力。



“我们目前最重要的工作，就是每天根据上下游的需求做好管道输气运营的监测工作。”神安管道运营负责人介绍说。

从2021年神安管道分段通气以来，截至2023年3月底已累计向山西、河北地区供应天然气超过18亿立方米，有力保障华北地区冬季民生用气需求。

运营的工作单调却重要：“我们现在每天的工作主要是检测和保障管道的正常运营。一个是检测管道压力是否有报错的情况，过高意味着管道内压力过大，有阻塞，需要排查疏通；过低意味着有些泄漏，需要和户外巡检的人员及时沟通找到漏点及时检修。”

“你现在来的时候，应该是我们工作最平静的一段时间。”李一开说。之前热火朝天的施工现场早已经妥善回填，在冬日干燥广阔的黄土高原上，能看到的只有相隔十几公里或者几十公里的小小阀室。

说是“阀室”，到眼前能看到的只是一段带阀门的黄色管道，外加两三根简单的输气管，安安静静地被铁丝网围在其



中。如果只是偶然路过，很难想象这几根简单的管道之下，连通着的是一段长达600多公里的复杂工程。

“早半年，你眼前完全是另一幅景象。”李一开指着地图说，“这里，这里和这里，是陕西—山西段工程里最重要的，也是难度最大的三个项目——黄河定向钻穿越、蔚汾河定向钻穿越和黄土高原单边定向钻。”

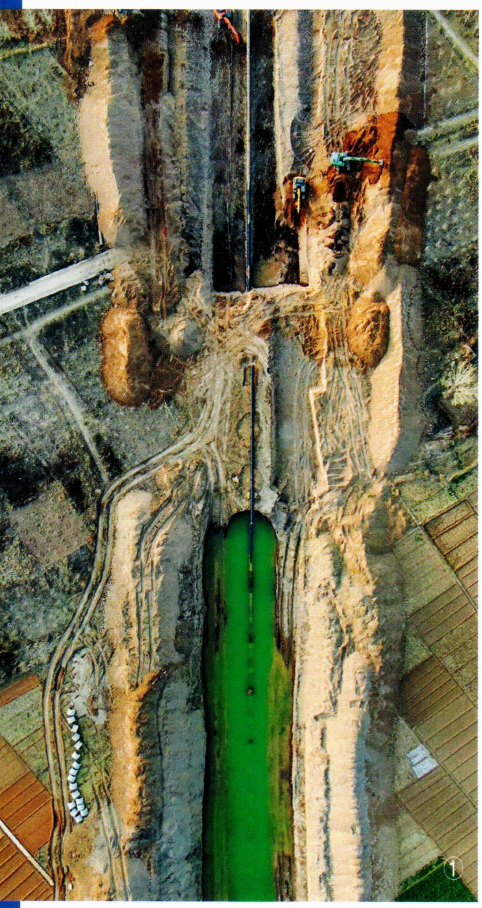
穿黄土、越黄河，考验着施工的每个技术环节

2022年8月和9月，黄河进入秋季，水草丰沛，植被茂盛。沿着黄河1号公路行驶，伴随着滔滔黄河水天高地阔。这是一年里最好的季节，也是整个神安管道施工的关键期——首次黄土高原的单边定向钻工程和黄河穿越工程的实施都需要集中在这个时间内完成。

余志是神安管道施工单位的现场负责人，来自中国石油管道局工程有限公司——河北华北石油工程建设有限公司，有着20年的从业经验，参与了许多国内重要的工程建设，但是提起神安管道在建设过程中的关键施工节点，依旧不由得紧锁了一下眉头，坦陈那是整个团队经历的最难熬压力最大的一段时光。

“在工程建设中，我们有‘三穿’是施工难度最大的，这‘三穿’是指河流定向钻穿越，包括穿越黄河工程、公路穿越、和山体定向钻（穿越包括黄土边坡单边定向钻）。”余志介绍说，“其中，黄土边坡单边定向钻施工是公司首次施工，是

①穿越冶河施工现场
②现场挖掘机作业
③隧道铺设轨道
④制龙门架组对焊接
⑤排水清疏
⑥黄河穿越控制性工程现场











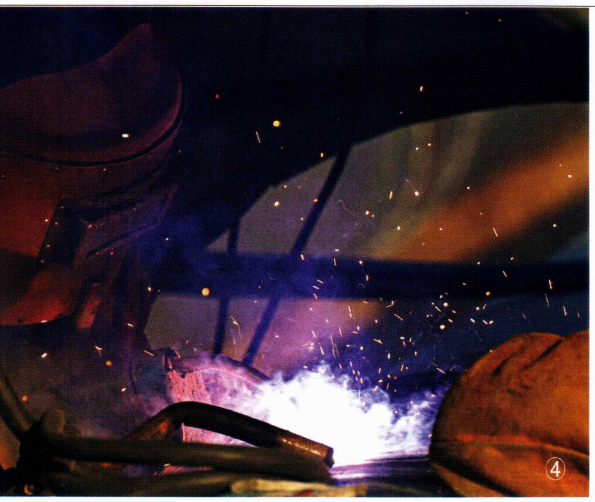
对项目部的组织决策、管理人员素质，专业化施工队伍的考验，在这次工程中单边定向钻的施工多达17次。”

单边定向钻技术是指水平定向钻穿越和斜井穿越的组合。施工时斜井坡度范围大，坡度控制难度小，穿越施工的泥浆量小，对环境影响小，施工安全性好。同时可以稳定避开山体表面的地质敏感区域，受施工环境影响较小。对于黄土高原复杂脆弱的自然环境和地质条件，这显然是最方便经济高效的技术之一。

单边定向钻的施工灵感，来自西北地区较为常见的民用工程。和传统的大开挖技术来讲，如果单边定向钻技术能够在这项工程中顺利实施，将是一笔可观的“经济账”。

若采取传统的大开挖来完成坡度40度100米以上的管道施工需要一个半月时间，从当地民风和征地赔付难度方面考虑，再加上后期的检测、防腐、下沟回填、地貌恢复等工序，既费时又费力；采取单边定向钻管道穿越，只要准备充分，每处单边定向穿越20天作业就能完成施工，可大幅降低安全施工风险，又可减轻外协征地压力，提高劳动效率。

但这项技术并未在如此重要的国家级







在建设期间，管道通过信息技术实现施工现场可视化管理，利用二维码技术采集管材信息、焊接质量、防腐以及检测情况，保证了数据的有效性和可追溯性。建成后，管道整合生产运行管理、设备健康管理、管道完整性管理、安全预警、应急指挥等系统功能，以智能化赋能管道安全运营管理。

一条绿色环保管道：

更是一条信息化智能化管道

工程中使用过，而且机器的挖掘不是在平地上，而是要把相关施工车辆开上25度至50度的黄土边坡实施单边定向钻施工。车辆的稳定性和施工的安全如何保障？没有人能回答这个问题。

在山的另一侧，黄河穿越段的施工准备工作也在进行。

黄河，地质条件复杂，生态环境复杂。如何在安全、环保的前提下让管道穿越是施工最大的难题。

与“穿山”不同的是，在黄河穿越的工程里，工程方采用了更为成熟常见的水平定向钻技术。水平定向钻技术广泛应用于供水、电力、天然气等柔性管线铺设施工中。

项目组需要先在入土点利用钻机在河底打一条通道，再通过这条通道，利用钻机，把输气管道从黄河对岸的出土点拖拽过来，实现穿越。整个穿越工程水平长度为914米，属于大型穿越工程。

相比如单边钻穿越的复杂性，水平定向钻看似简单的施工作业方案，实质上是经过多次专家会讨论、反复衡量后才定下的。水平定向钻技术受到项目部门的青睐，技术较为成熟，也能够最大限度保护黄河周边环境。

定向钻施工时所需施工场所比较小，可以降低工程对周边植被的影响；而定向钻的出入土点，被设在离河岸400米和200米远的地方，与主河道保持安全距离，最大程度保护黄河。

除了环保的难度，在施工中穿越黄河的过程中，也要面临地质结构的挑战。与相对稳定的黄土高原的黄土结构不同，黄

河穿越段地质结构极为复杂，包括黄土状粉土、卵石、砂岩、泥岩等多种地质。“施工过程中遇到卵石、砂岩这种稳定差的底层，特别容易发生塌陷或者回填”，余志介绍说。为了解决这个问题，最终决定管道将从性质更稳定的砂岩层、泥岩层中通过。这意味着埋得更深——管道距离黄河河面超过40米。

黄河穿越入土点在东岸的山西省吕梁市兴县，出土点位于西岸的陕西省神木市，穿越处、入土点都位于高山峭壁之下，场地面积狭小，条件十分苛刻。

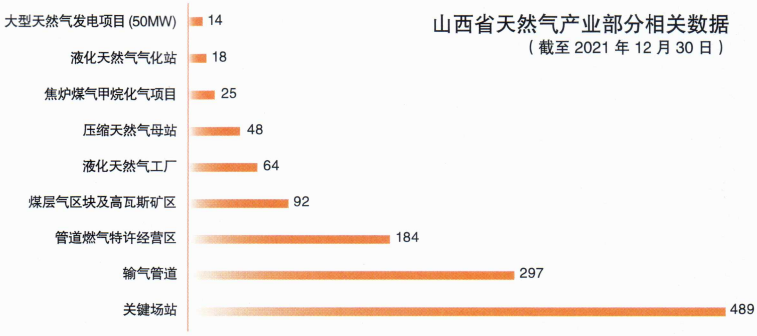
如何对施工现场灵活布置、调整设备位置，根据实际情况对设备进行针对性改造，合理利用出土侧狭小的场地进行管道分段预制和“八接一”回拖，并将现场建设成了模范式标准化工地是黄河穿越段面临的另一个难题……

最后的冲刺，为煤层气开出一条高速公路

2022年8月16日，是难忘的一天。

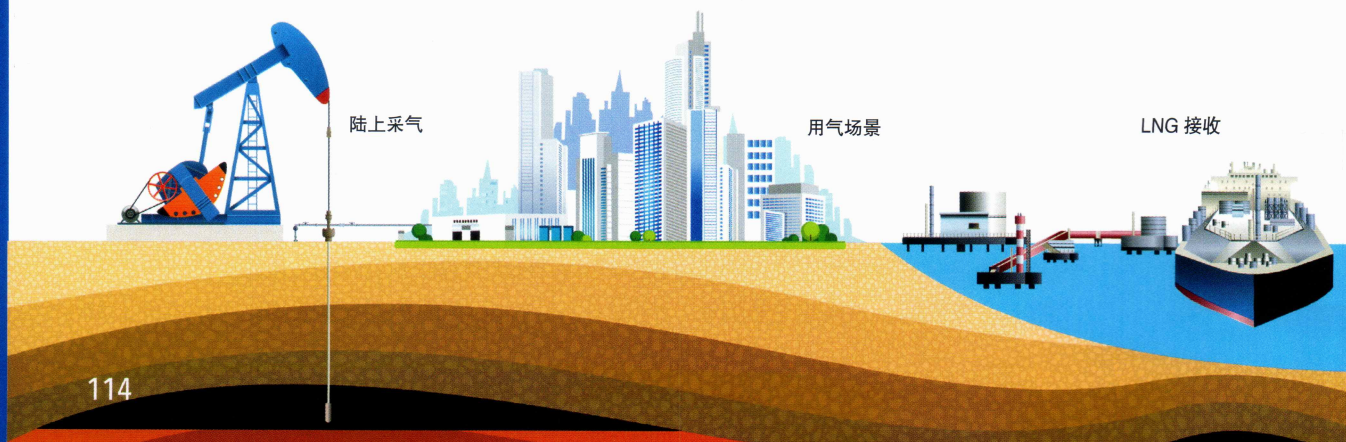
为了确定单边定向钻在大型工程中实施的可能性与安全性，余志与项目部技术、生产，安全等部门主要负责人多次到不同的施工地点勘查，编制施工组织设计、黄土边坡定向钻施工方案，并经过多次演练。最终确定了方案的可行性。

8月16日，黄土边坡单边定向钻首次施工预制好的管线焊接顺管。之后经过5天的连续奋战，8月21日，180米的管线安全顺利穿越到位，管道焊接一次合格率达到98.68%，创造了首次安全顺利完成黄土边坡单边定向钻管道施工，也为后



横贯中国腹地的能源大动脉：将通过管道互联互通实现海陆对接

神安管道输气能力为每年50亿立方米，按一个三口之家月均需要天然气20立方米计算，可满足超两千万户家庭一年的用气需求。神安管道的路由是打通陕东、晋西（沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘）资源富集区与京津冀产业聚集区的最短通道，实现了短距离、高效益。通过与国家管网蒙西线、鄂安沧线互联互通，将陆气（晋陕地区气田）、海气（LNG码头）及文23、文96储气库联动，实现海、陆、储多能互补。





续的施工积累了宝贵的经验。

近一个月后的9月17日，同样是激动人心的一天。

黄河穿越段经过周密的准备，也启动了回拖工程。为避免管道长时间在洞中静止而增加的抱管风险，现场最大限度地保证了每段管道连头的时间。2022年9月20日上午，随着管头在入土侧缓缓露出泥面，神木—安平煤层气管道工程黄河定向钻穿越“八接一”回拖宣告成功。

2022年12月1日，中国海油对外宣布，中国最长煤层气长输管道——神木—安平煤层气管道工程全线贯通。回看整个管道建设历程，无不彰显着效率与速度：徒步丈量600公里管线，9天穿越大围山山体隧道、14天穿越京广普铁、31天穿越南水北调，96天一次穿越黄河成功，累计实现安全工时超500万小时……

“神安管道的开通其实相当于为煤层气开通了一条高效的高速公路”，高辉说。在神安管道修建前，煤层气每年的输气量不到2亿立方米。2021年管道部分开通后，从2021年年输气量5亿立方米，到2022年年输气量增加到10亿立方米，再到2023年计划输气量增长至20亿立方米，连续三年较上一年增长一倍，随着上下游市场的逐步完善，神安管道将在近几年内实现满容运行，达到年输气量50亿立方米。50亿立方米，按一个三口之家月均需要天然气20立方米计算，可满足超两千万户家庭一年的用气需求，这笔“帐”显然可观。

现在神安管道可将晋西、陕东的天然气输送至雄安新区及京津冀的千家万户和产业聚集区，与鄂安沧管道、陕京线系统互联互通，从而融入国家天然气主干网，同时与国家管网储气库和天津、沧州LNG（液化天然气）接收站码头连通后，实现海陆双气源互补，担负起区域调峰保供，为华北地区提供安全、低碳、高效的清洁能源。

“这条中联公司的‘生命线’未来会迸发出更大的能量，我相信。”高辉说。

致密气
大地深处的另一种可能

自1859年世界第一口油井诞生后的150多年里，全球油气工业以寻找常规“圈闭型”油气藏为主。近十几年，随着勘探开发技术不断创新，油气勘探转变为寻找赋存于烃源岩层系中的非常规“连续型”甜点区，世界油气工业正在从常规油气向非常规油气跨越。致密气，就是非常规天然气中极为重要的一种清洁能源。

撰文 朱光辉 刘彦成
摄影 贺子毅



提到致密气，很多人可能感到很陌生，其实它是非常规天然气的一种，早已应用于人们的生活中。早在2007年，京津地区的居民就已经用上了致密气，只不过并不称之为致密气，而是统称为天然气。

致密气的名气虽然没有页岩气和煤层气大，却已经成为我国非常规天然气开发不折不扣的“领头羊”，是我国储量较多的天然气种类之一。在天然气被视为未来一段时间内清洁能源的主要选择时，致密气在国内能源发展中也受到越来越多的关注。

什么是致密气？

在当前全球的能源结构中，相较于石油和煤炭两大能源支柱，天然气被认为是更为清洁高效的能源支柱。天然气广泛存在于油田、气田、煤层和页岩层中，分为常规天然气和非常规天然气，非常规天然气中又以煤层气、致密气和页岩气的开发为主。随着勘探技术的进步，人们发现非常规天然气相较常规天然气，资源储量更丰富，非常规天然气正在成为全球能源开发的新焦点。

致密气，是致密砂岩气的简称，是指在孔隙度和渗透率极低的砂岩储层中产出的天然气，目前国内将致密气定义为渗透率小于0.1md的砂岩地层天然气，需要通过压裂等措施才能实现有效开发。

相比常规天然气，致密气多分布于盆地中心和与之毗邻的构造斜坡区或盆地深部，呈大面积连续分布。有利的致密气勘探区应具备以下几个特征：局部高渗透率储层段发育、成熟度较高的煤系源岩与储层紧临、储层具备一定储层厚度与连续性、砂岩脆性指数较高、含气饱和度相对较高。

致密气藏广泛分布于世界各大含油气盆地中，全球发育致密气的盆地约70个，总资源量210万亿立方米，亚太与美洲地区是致密气分布的主要地区，超过全球总资源量的六成。

当前，世界能源工业正在经历一场化石能源低碳化革命，石油工业正在经历从常规油气



中国历年新增天然气、致密气探明储量示意图

向非常规油气的跨越发展，全球非常规油气产量比例不断增加。致密气、煤层气、页岩气发展很快，是最为主要的几种非常规天然气。

探采致密气，技术突破产生机遇

较常规天然气相比，致密气储层非均质强、有效砂体小，开发难度很大，但也有着开采寿命长和生产周期长的优点。

全球致密气勘探开发始于20 世纪70 年代，是各方面技术进步的结果。

首先是储层改造技术的突破与规模化应用使致密气工业化开发成为可能，开发进程快速推进。同时，钻完井与储层改造技术的持续进步使投资成本大幅下降，致密气的效益开发得以实现。直井多层、水平井多段储层改造技术的不断创新与突破极大地释放了致密气产能，提高了气井最终累计产气量，助推了全球致密气产量的快速攀升。

现阶段致密气开发技术也在不断革新，鄂尔多斯盆地东缘临兴神府气田致密气的开采运用了“高强度＋大排量＋氮助排＋低伤害”的地质工程一体化的压裂增产改造技术体系，取得了良好的开采效果。

美国、加拿大、中国、委内瑞拉、澳大利亚等十多个国家均进行了致密气开发尝试，但受资源、技术、市场与成本等诸多因素的影响，目前实现致密气开发最成功的国家为美国、加拿大与中国，我国是世界第三大致密气产气国。

致密气在中国：未来之路

致密气是我国非常规天然气资源中资源量最大的一种，资源量是常规天然气资源量的5倍，也是目前开发规模最大的非常规天然气，2022年产量 500 亿立方米，位居中国非常规天然气开采量之首。

我国致密气的开发探索也始于20世纪70年代，1972年首次在四川盆地川西北地区的中坝气田上三叠统须家河组二段气藏进行致密砂岩气藏开发，之后在其他含油气盆地中也发现了多个小型致密气田。由于当时缺乏对致密气开发的认识和储层改造的手段，主要是借鉴低渗透气藏的开发技术对策，仅在天然裂缝较为发育的井区获得少量工业产量。

2000年，鄂尔多斯盆地上古生界苏6井试气获得120万立方米/天的无阻流量，从而发现了苏里格气田，这一发现是我国致密气勘探开发历程中的标志性事件，从此致密气作为一种重要的气藏类型步入了我国天然气开发的历史进程。

2006年以来，我国致密气开发形成了鄂尔多斯盆地快速上产、其他盆地不断突破的格局，四川盆地三叠系须家河组、吐哈盆地侏罗系八道湾组、松辽盆地白垩系登娄库组陆续取得进展。但各盆地产量分布不均衡，呈现出鄂尔多斯盆地独大的局面，其产气量超过我国致密气总产量的九成。

近10年来，致密气占天然气总探明储量的比例不断增加，但与致密气资源量相比，探明率仍然偏低，仍具有较大的增长潜力与空间。

能源岁月

一群人的生命印记

编者按

煤层气从无到有，到而今成为中国清洁能源中的一支有生力量。这背后，是无数人的努力、坚持，是无数人的探索、追寻；这其中，有多少汗水、泪水和欢笑、温暖啊！这一个个身影，值得被记忆；这一个个故事，值得被书写。希望这些默默无闻的人和事，可以折射出一个时代的光彩，微小，但熠熠生辉，绚烂无比。

摄影 / 倪拥军

120–143 页
采气人的荒野故事

144–153 页
山峁沟壑，
记录抉择和足迹

154–159 页
少有人会走的路


中联



20余年来，煤层气产业从小到大、创造了发展的辉煌，其中，有着无数人的付出和坚守，有着一天天脚踏实地的工作，有着一步步的梦想和努力。



采气人的荒野故事

撰文
朱千华
供图
中联公司 等

在三晋大地的广袤山野，尤其是晋东南的沁水盆地一带，不知疲倦的磕头机，永远在上下律动，为莽苍苍的黄土塬垒添加了动感的画面。这里是中国煤层气产业的发祥地，如今也是国内煤层气开发利用最密集、最成熟的片区，记录着一群人“气”壮山河的故事。



在山西的墚峁沟壑之间，总会看到那么一群人，他们身穿醒目的橘红色工作服，跋山涉水，行色匆匆。他们远离城市的繁华，扎根大山深处，与磕头机、管线和山风、草木为伴，除了忍受远离亲人的孤独外，还有烈日当空的炙烤和冰天雪地的酷寒。他们是些什么人呢？

答案是，他们是煤层气人，准确地说，是从大地深处的煤层缝隙中，寻找那些曾被视为煤矿开采安全隐患的瓦斯——煤层气，并将之化为清洁能源的一群人。

4个月，他砍坏了6把柴刀

20世纪90年代后期，中国煤层气产业刚刚起步。由于缺少开发经验，中联公司决定采取引进国外技术联合开采。壳牌、BP（英国石油公司）、康菲、加德士等外企纷纷来到中国。但这些大公司来到中国后很快发现，问题棘手，中国地质环境十分复杂，开采煤层气难度太大，无利可盈。结果多家国际公司选择撤退、铩羽而归，把难题全部留给了中国人。

面对外国专家撤离，中联公司元老孙茂远一拍桌子："外国人靠不住！煤层气开发这块硬骨头，还得靠我们自己啃！"可想而知，当时中联公司对于煤层气技术人才的需求有多饥渴。可这事又急不来，中联公司采取分步走的办法，首先派出第一批技术人员到国外培训；在国内，与各大院校对接，培养自己的煤层气技术人才。就这样，中国煤层气产业开始了艰难的起步。

2010—2013年，王雷雷在晋太分公司柿庄南采气作业区度过了难忘的三年时光。他回忆说，那时勘探井多使用燃油设备，现场条件异常艰苦。每逢下雨下雪，井场道路极难通行，夏秋季节遇到连续下雨，道路泥泞，越野车都开不上去，

一步步走来
中联见证了中国煤层气产业的发展

1996年，中联煤层气有限责任公司成立，启动了和国际大型企业的合作，利用技术和资金，探索中国煤层气的发展路径。在北京、在太原，一场场的技术交流会，研讨着种种可能的方向；在晋东南的沁水谷地，一口口勘探井被打下，摸索大地深处的种种秘密。中国的煤层气产业，在学习和探索中成长、壮大。



1996年3月30日


1996年5月17日

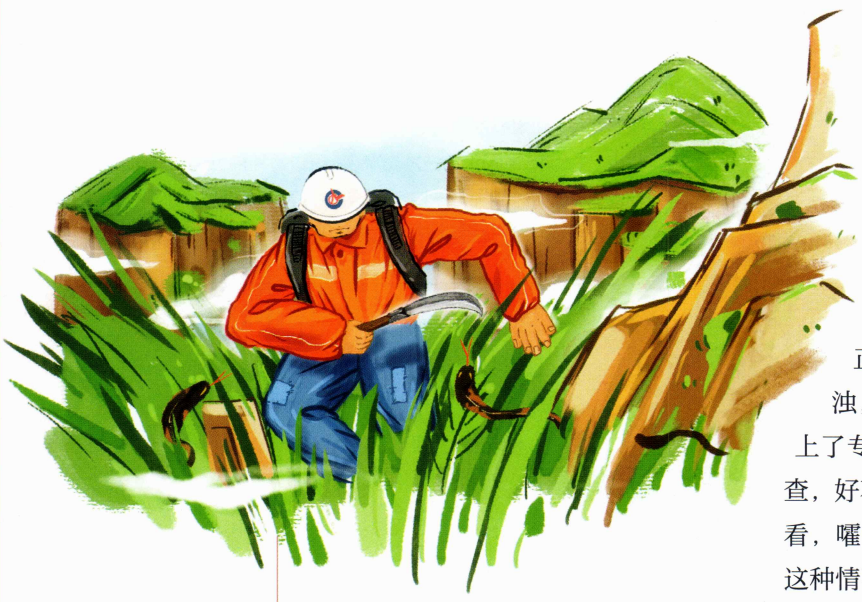


2000年11月8日




2005年





井台的位置在地图上一经确定，工人们就要去实地找到这个点，无论在山坡塬垄上，还是沟壑底部，除非特别不适合建井台的地方，否则都要准确到达预定的点位，所以砍柴刀是探勘工作的必备品。到达点位后，接下来会整理地面，建造出适合下一步打井的平台。绘图 / 邓仰超

披荆斩棘，
在山岭间劈出路来

到了冬天遇到雪天，道路结冰，最长有两周时间车都开不上去。没燃油，设备就开动不了，怎么办？那就人工搬。那时，采气作业区就会全员出动，用25升的油桶装柴油，人工搬运上山，会挑担的用扁担挑，其他人就用手拎、用怀抱、用肩扛。就这样，深一脚浅一脚，一步一滑，硬是把一桶一桶的燃油送到井场，保障了设施的正常运转。王雷雷说，雪天路滑，一路摔上几个跟头实属平常事。

在沁水盆地的柿庄采气作业区，在办公和住宿设施建好前，张浩亮和其他员工借住在当地村民家中。虽有自来水，但水源多为浅层地下水或简单过滤的河水，一到雨天，自来水就会变得非常浑浊，无法饮用。这种情况下，仅有的一点纯净水只能做饭、饮用，其他刷牙洗漱等就用浑浊的自来水。他还提到了一件趣事，那是2012年夏天，一场大雨之后，竟然断水了，这很不正常。因为以往就算自来水再浑浊，却是从不断流的。后来，大家用上了专业的管道探查技术，一段一段排查，好不容易找到堵塞位置，打开管道一看，嚯！原来是一条鱼堵塞住了管道口。这种情况一直到2015年，柿庄南采气厂大楼建成，生活用水才得到了保障。

至今，晋太分公司一直流传着“6把柴刀”的故事。故事的主人公叫薛志亮，今在柿庄南采气作业区工作。2013年5月底，公司要求必须在9月份前，完成46个井位部署及井场扩建工作，这意味着半个月之内，就必须踏勘出46个可扩建井场。时间紧、任务重、困难多。薛志亮领命挂帅，奔赴荒野之中。6月时节，植被茂盛，毒蛇出没。去踏勘的井场基本上都在山区，有的点就连羊肠小道也没有，他只能一路披荆斩棘前行，硬生生用柴刀劈出一条人行小道。当完成这项工作时，薛志亮已经磨破2条牛仔裤，砍坏6把柴刀。在薛志亮和同事的努力下，踏勘的井场于8月底提前完工。

很少有人知道，提前完成任务背后的代价，是薛志亮在那一段时间舍弃了照顾母亲。那时，母亲生病住院，需要人照料，薛志亮面临着两难境地，一边是母亲，一边是紧急的工作任务。考虑到踏勘工作滞后会制约后续工程进展，薛志亮只能请求在外地工作的妹妹请假，自己则一直奔波在井位部署踏勘的第一线。



1989 年出生
2012 年入职 **薛志亮**
职务：中联公司晋太分公司柿庄南采气作业区生产监督专务



廉慧

1988 年出生
2009 年入职
职务：中联公司晋太分公司柿庄南采气作业区场站运行监督专务

奋斗者群像

他们是80后、90后的年轻人，在大家纷纷涌入大城市、寻找事业机会的时候，他们“逆行”进了山西的山岭塬垄之中，与钻机、抽油机、管道、压缩机等等为伍，与黄尘黄土、清风明月相伴，用双手、用青春，兢兢业业、真真正正地创造了一番事业，让大地深处的清洁能源温暖、照亮了千家万户。没有高大上的言语，他们说，就是想干点事儿。

绘图 / 傅意凝



王建树

1988 年出生
2011 年入职
职务：中联公司晋太分公司柿庄北采气作业区总监

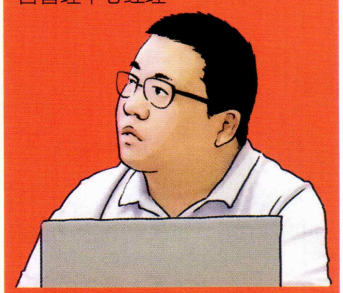


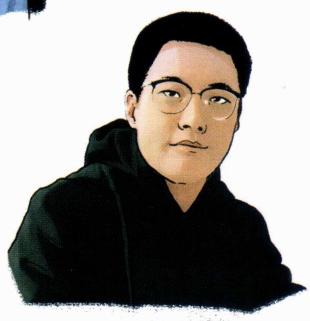
张晓飞

1989 年出生
2015 年入职
职务：中联公司晋太分公司寿阳采气作业区总监

强海亮

1986 年出生
2011 年入职
职务：中联公司晋太分公司生产运营管理中心经理



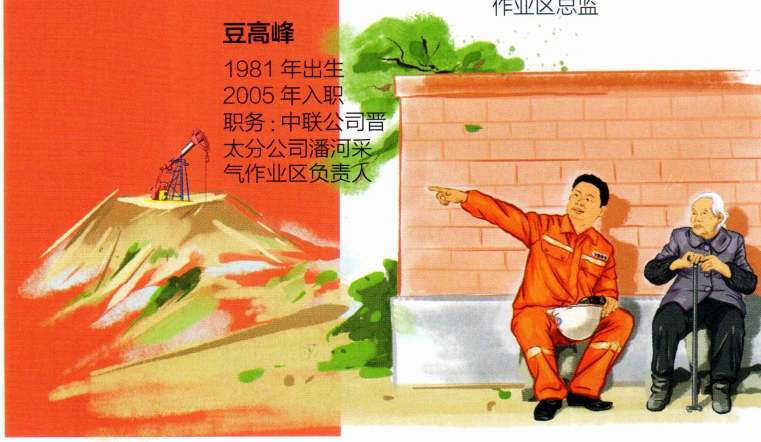


张浩亮

1989 年出生
2010 年入职
职务：中联公司晋太分公司柿庄南采气作业区总监

豆高峰

1981 年出生
2005 年入职
职务：中联公司晋太分公司潘河采气作业区负责人



豆高峰，2005 年入职，从普通的操作工做起，一步一脚印，山上巡井的每条道路都留下了他的足迹，抽油机、压缩机都成了他的朋友。一个叫潘河的小村庄，那是豆高峰最初的驻地，也是他初心开始的地方。村里手机信号微弱，“吼”是常用的通讯方式，大家都会有一个特别标准的动作：站在某一个高点，高举着手机搜寻那若有若无的信号；那时也根本没有空调或暖气这一说，一到冬季，冻得瑟瑟发抖。

没有娱乐，豆高峰、秦晓辉他们等决定建个篮球场。场地就在潘河村驻地邻居的院内，一棵白杨树旁，支根木杆，上面架块木板，固个铁圈，篮球场搞定。小小球场成了整个潘河村最热闹的地方，场地顶多容纳五六人，会不会打球的都会来玩。豆高峰回忆说：“好几个人的球技都是在这练出来的，秦晓辉便是其一，他在我们驻地，那就是姚明式的人物，1.85 米的个头，篮板又低，一出手便是扣篮。一场下来，秦晓辉基本都是大满贯。”

井场一开始没有通电，只能用发电机驱动设备，得 24 小时有人在井场值守，员工就住在移动板房里。有个井场离潘河

煤层气被分布在山野各处的井台收集上来，输送到管线里汇集起来，送向远方。恰如

人们点点滴滴的努力，终成澎湃力量。

在访谈中，这些在山野中常年奔走的年轻人感动到了我。是他们保持着的青春的活力，是他们的执着用心，是他们的坚守付出，才让这深藏地下、原本被视为矿井杀手的气体，化身清洁能源。从探勘找点的辛苦、管线井台的巡护、技术细节的研讨等等，每个人都在认真细致地工作，这是这个行业群体的共同精神，也是这个行业的幸运。

右页下图：长子县油菜花盛开。摄影 / 姚林

左页上图：在生活基地，大师傅正在热火朝天地炒菜、准备晚饭，大家想吃什么和大师傅打招呼就行。

左页下图：年轻人们聚在一起包饺子，创造并享受着集体生活的乐趣。

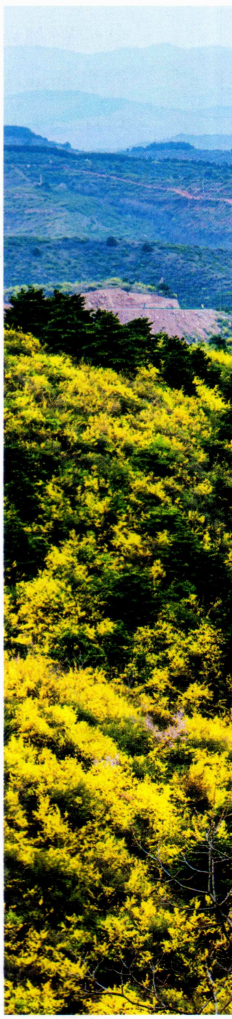




村并不远，却是荒郊野外，四周无人家。某个夏夜，年龄最大的张三恒值班。快12点时，老张忽听到板房外有一声怪异的声响，听得头皮发麻，强鼓着勇气拖着铁锹出来，对着漆黑的夜大声喝道："谁？干啥的？"声音中明显带着颤抖。见没动静，老张又回到板房。没多久，外面又来"砰砰"两声，这次老张说啥也不开门了。第二天，老张回到驻地，挨个大声质问昨晚的事谁干的，没人理他。于是，老张决定反击，如法炮制。别人去板房值班时，他悄悄摸过去就去扔只破鞋吓唬别人，以此为乐，直到一直没人理他才作罢，而其他人值班时听到动静，都知道是老张干的，也是每次都哈哈一乐。老张至今耿耿于怀，因为那夜他吓得不轻。在驻地，一片旷野，没有娱乐，豆高峰和创业的伙伴们坚守在一起，条件艰苦，但心里充实快乐。

对于这些克服困难坚守阵地的员工，中联公司也是关怀备至，保证各种劳保用品按时发放，还有其他生活用品，基本上不用花钱；单位食堂改善伙食，早餐、晚餐你想吃什么，只要跟食堂说，食堂都会尽量满足；另外还有各种节日慰问和福利等，所能想到的方方面面，公司都帮你想到。现驻扎在寿阳片区的王成梁说，那时白天忙，也没什么消费的地方，虽只有2000多块钱工资，年底时候，还能带回2万块钱给父母。

中联公司总经理助理、山西公司执行董事、党委书记、总经理王宇对此深有感触，她说："时代的浪潮几经席卷，大浪淘沙，能留下来的，都是金子。他们把工作当成自己的事业，积极主动，勇于担当，这些岁月留下的骨干，是我们山西公司的中流砥柱。有他们在，我心里很踏实，没有什么困难会难倒我们。"



来这里先要学会抡大锤

2015年，刚从中国地质大学毕业的张晓飞，经招聘加入了中联公司。去的路上，时值深秋，汽车行驶在重峦叠嶂的山岭间，树叶已经开始凋零，灰蒙的村庄渐渐显露出荒凉。他要去的地方是公司的一个煤层气项目现场，一个叫凤台的小山村，位于长治市长子县西南角的南陈镇，地处太岳山脉向上党盆地的过渡地带，黄土塬垄起伏，坡地陡峻，沟壑深陷。

作为刚毕业的新人，张晓飞被安排做修井监督工作。到了现场，他并不知道真正的“修井”是什么，课本知识与实际操作相去甚远，面对高大的修井机，还有各种陌生的、眼花缭乱的仪表、机泵、管线，张晓飞一脸茫然。

在煤层气排采阶段，“修井”工作非常重要，需要判定井下故障的类别，结合相关数据编制修井方案，技术要求高，特别需要丰富的实践经验。公司把张晓飞交给一个叫秦绍锋的老师傅，请他带徒。没想到秦绍锋一口就拒绝了，理由是，修井是个又苦又累的活，你硕士毕业理应去做研究，干这个工作怕是安不下心来。张晓飞不服气：“秦师傅，再苦再累我不怕。”







修井，这是个大活儿

随着煤层气井开发时间的延长，井况会变差，修井作业就是一项为恢复油气井正常生产所进行的解除故障、完善井眼条件的工作。中联公司的工作人员会判研问题类型、编制应对方案，监督服务商进行维修作业。随着数字化的进步，他们不用再自己抡大锤，但无论风霜雨雪，都需要在现场坚守，时刻盯着生产情况。夏天，汗水会净透工服；冬天，手脚会冻到失去知觉，而这就是排采一线人员的日常，也是很多石油工人的日常。绘图 / 邓仰超

秦绍锋上下打量着这个年轻人，最后撂出一句话：“真不怕苦？这么着，那儿有个报废的旧泵，没有专业拆卸工具，你要是能用大锤把它砸开，我就收你。”

秦绍锋身体健壮、满脸胡茬，像个西部牛仔，是中原油田的专业修井出身。他找来一把大锤，交给张晓飞。从未抡过大锤的张晓飞不知如何下手，更不知道为什么一定要砸开那个铁疙瘩。只试了几下，已经腰臂酸痛。秦绍锋看在眼里，摇摇头，接过大锤抡了起来。一看就是行家，沉重的大锤在他手上轻松自如。伴随着秦绍锋的示范，张晓飞模仿着动作和使力的角度，上手开砸，不一会儿已大汗淋漓，但那个顽固的管泵却坚实如初。

一个大小伙子竟然连个泵都卸不开，张晓飞心里不服，于是每日里闲下来就跟那个管泵较劲。当泵被锤开时已是几

天后了，秦绍锋拍着张晓飞的肩膀，说：“还真有一股劲头，你这个徒弟我收了，以后不光教你修井作业工序、泵的结构，凡是你在生产上遇到的任何问题，我都教你。”随后，秦绍锋把泵里的各部件一一讲解，如此直观的教学，任何地方都学不到。通过师父带领学习，张晓飞认识到自己距离现场复杂多样的工作要求还差甚远。

为什么要抡大锤呢？秦绍锋说：“我就是想看看你的韧劲和决心，如果没有这股子劲，很难适应现场工作，要想成长快，就必须在现场摸爬滚打，只有经历了现场的锤炼，底子夯实了，你这一生才走得稳。”

当师父离开凤台村时，张晓飞在工作上已能独当一面。为了能够更好地熟悉排采工作，张晓飞主动要求加入巡检班组。他和工友们选择在工区驻井，以节省往返交通时间，一个班组四个人，一台车一个板房，住在深山里，由于驻地距离村镇很远，电路尚未接通，只能通过柴油发电机供电，噪声特别大。由于地理位置偏僻，手机信号也很差，通话往往需要跑到外面找个高坡顶上才能保证信号的稳定。生活用水要从几里外的凤台村拉来的，大家分配使用，不敢有一点浪费。一星期左右才能出去洗次澡，每天都带着汗味入睡。

遇到冬季下雪、夏季下雨，进井场的道路湿滑不通，为了保证气井的连续稳定排采，和王雷雷他们一样，需要人抬肩扛将柴油搬运到井场。在这艰苦的日子，张晓飞和很多中联人一样，一步一个脚印，踏实地走着。三年时间，他参与了修井监督、驻井以及项目部的工作。多年后，张晓飞回忆说，感谢那段在基层生活的艰难



崎岖不平

山地施工不容易

因为采气井分布在高高低低的塬垄上、沟壑里，井台需要的施工设备得运上去，没路的话就得先修路，集气管道也随着山形地势起伏变化，爬坡、跨谷，制定科学的施工方案就尤为重要。常年奔波山野间实地勘测，火腿肠、方便面凑合午餐，就是大家的家常便饭了。电网、管线、井台、压缩站等日常巡回必不可少。以柿庄南区块的电网巡查为例，每月一次，一年下来就要走1200公里。



岁月，同吃同住同劳动，每个人都能抡大锤、扛柴油、挤板房、听噪音、闻臭汗、耐寂寞。他说：“刚工作那三年，真是刻骨铭心，不但帮我打下了坚实的工作基础，更增加了我面对困难的底气。只有亲身体会、熟悉了基层工作是怎么回事。在后来工作中，做方案、出设计、监督各个生产环节等才能熟门熟路。”

这种人才培养方式，早已升级换代。从2020年开始，中联公司推出了人才战略项目“育新计划”：新员工需要进行为期两年的全方位培养及轮岗锻炼，才能进入任务岗位。2020年7月7日，“育新计划”正式启动，时任中联公司董事长、党委书记、总经理罗勇为新员工讲授入职第一课，回顾公司通过艰苦奋斗，最终引领产业发展的历程，鼓励新员工扛起责任和担当，树立能源报国的决心。



胡连兴是2021年入职的新员工，培训时分在晋西分公司生产运营管理中心。在师带徒的培养计划里，师傅老何把最苦最累的“管道验收”删去了，他认为现在的年轻人吃不了那个苦。可胡连兴却主动请战：“师傅，把管道验收加上吧，我熟读了集输管网图和井位部署图，可实际情况却没见过，我想自己去看看。”师傅说：“心装部署图，脚丈管道路。验收可不轻松，一、二标段将近60公里的路，走着验收，至少五六天才能测量完管道的工程量。我们还得带着沉重的装备，非常累。”胡连兴说：“师傅放心，我不怕累，我做地面建设，就得走遍每一处管道，熟悉每一个井位。”

让胡连兴没想到的是，很多管道铺设在陡峭的山坡上，面对坡度近75度的山

坡，他满头大汗，咬着牙，认真地手脚并用，一米一米确认管道距离。经过五天努力，胡连兴与师傅一起，完成了两个标段管道工程量确认。

为了适应野外作业，师傅们还带着学员们跋山涉水、翻山越岭，告诉他们荒野求生的经验，比如一旦迷路，又无手机信号，如何通过太阳方位、树木朝向和水流方向来做简单判断；天热时，在野外会经常遇到蛇，若无法绕道，可用丢石头、打草的办法，把蛇吓跑再走过去。通过育新计划的实施，大量的训练有素的新型技术人才完成了由“学生”向“职场人”的转变，他们朝气蓬勃，是新一代山西煤层气人。

和雨雪洪水较量

北方冬季如果出现“气荒”会怎么样？每年11月至次年3月，是居民采暖用气高峰，用气需求大增，如果这时气源供应不足，就出现了“气荒”，政府往往会采取“压非保民”（压非民生用气、保民生用气）措施。2017年冬季，山西省出现“气荒”，天然气供需紧张状况达到二级响应程度，太原市气价上涨，大批燃气公交车通宵排队加气，仍无法加足。而这一年，太原市供气形势严峻，“压非保民”已无空间。

这时，大家就会对中联公司充满期待。遇到这种特殊情况，公司就会实施实施“就地利用、余气外输”的预案，即与气源签约用户协商，从晋东南，晋西—陕东作业区协调气源，每天挤出几十万立方米的气量，用以缓解太原市供气短缺的燃眉之急。为此公司可能会面临很多损失，既然如此，为什么还要做？中联公司山西公司党委书记、总经理王宇解释，



每个人都是管理者

上图：正在施工的钻井平台，钻头深入地下数百乃至上千米，找到预定的地层后还要水平伸展开去，在这个地层板块之中准确前行，以便尽量多地收集煤层间隙的气体。现在中联公司的钻井等工作，是通过招标交给专业的施工队伍来完成，中联的员工要负责技术管理、监督、沟通等，每个人都是专家，每个人都是管理者。而现场的钻头进度、位置，通过远程控制，在太原的随钻中心里都能够实时监测，并提供指导意见。

下图：集体生活的另一个特点，就是全身心地工作。记者采访结束的时候已是夜晚8点多钟，隔壁的会议室中，这群年轻人正在全神贯注地开着技术交流会。窗外已是黑沉沉一片，他们讨论得却正热烈。

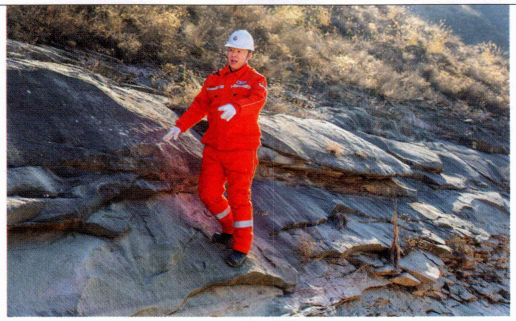
右页图：从丘壑山峦中的野外探勘，到寻找和确定钻井位置，到开始钻探，再到排采中的日常维护、紧急排险，时时刻刻，这群穿着橘红色工作服的年轻人，不放松、不懈怠，在黄土塬垄中履行着自己的使命和责任。

很简单，民生用气大于天，我们是央企，就该扛起肩上的责任。

“何工，不好了，压缩机突然停了，发电站那边可能出故障了！”2022年12月31日深夜12点，雪后的天空辽阔清澈，凛冽的寒风在树梢间啸叫。

中联公司柿庄北采气作业区生产监

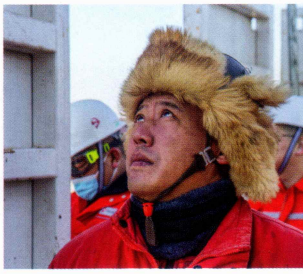














督何思琦，此刻正在睡梦中，忽然，一通来自现场值班人员的电话铃声响起。就像消防员闻听警铃，他迅速起身穿戴好劳保装备，驱车前往山上的发电站。越是着急，汽车越不听使呼，总是打滑，下到一个小坡时无法制动，好在是撞在一棵杨树上，汽车也没什么大碍。他匆匆到达机房后检查发现，一台发电机异常停运，使得发电站整体功率下降，负载不足导致压缩机停机。





此刻正是午夜时分，零下十几度，天寒地冻，何思琦心里非常清楚，压缩机一旦停运将影响千家万户的温暖。他立即启动备用发电机，将功率提升到正常使用水平。终于，压缩机在停机半小时后顺利启动，再次听到输气管道内煤层气“呼呼呼”的流动声，何思琦这才稍微舒缓眉头，他后来回忆说，那声音真好听，就像山间的清泉在流淌。

“咱们的发电机设备每周都会巡检维护，怎么会大半夜突然趴窝呢？”何思琦没有离开，而是决定把这事尽快弄清楚。他和现场的值班人员一起，检查这台异常设备的故障原因。经过全面排查，发现设备内部一处胶套和皮带断裂，何思琦随即拿出拆卸工具更换破损部件。零下15度的低温环境，设备螺丝都因“冷缩”异常紧固，给拆卸带来极大挑战，以往半小时就能解决的事，大家合力两个小时，才将配件更换完成，并切换成功。

故障解决了，他还是不放心，因为更换部件后，还得试用一段时间，看看机器的持续运行状态。身处一线，又是冬季保供的关键岗位，这事谁都马虎不得。于是大家一直监测着设备，等完全正常工作时，才开车回宿舍，此时天已蒙蒙亮。

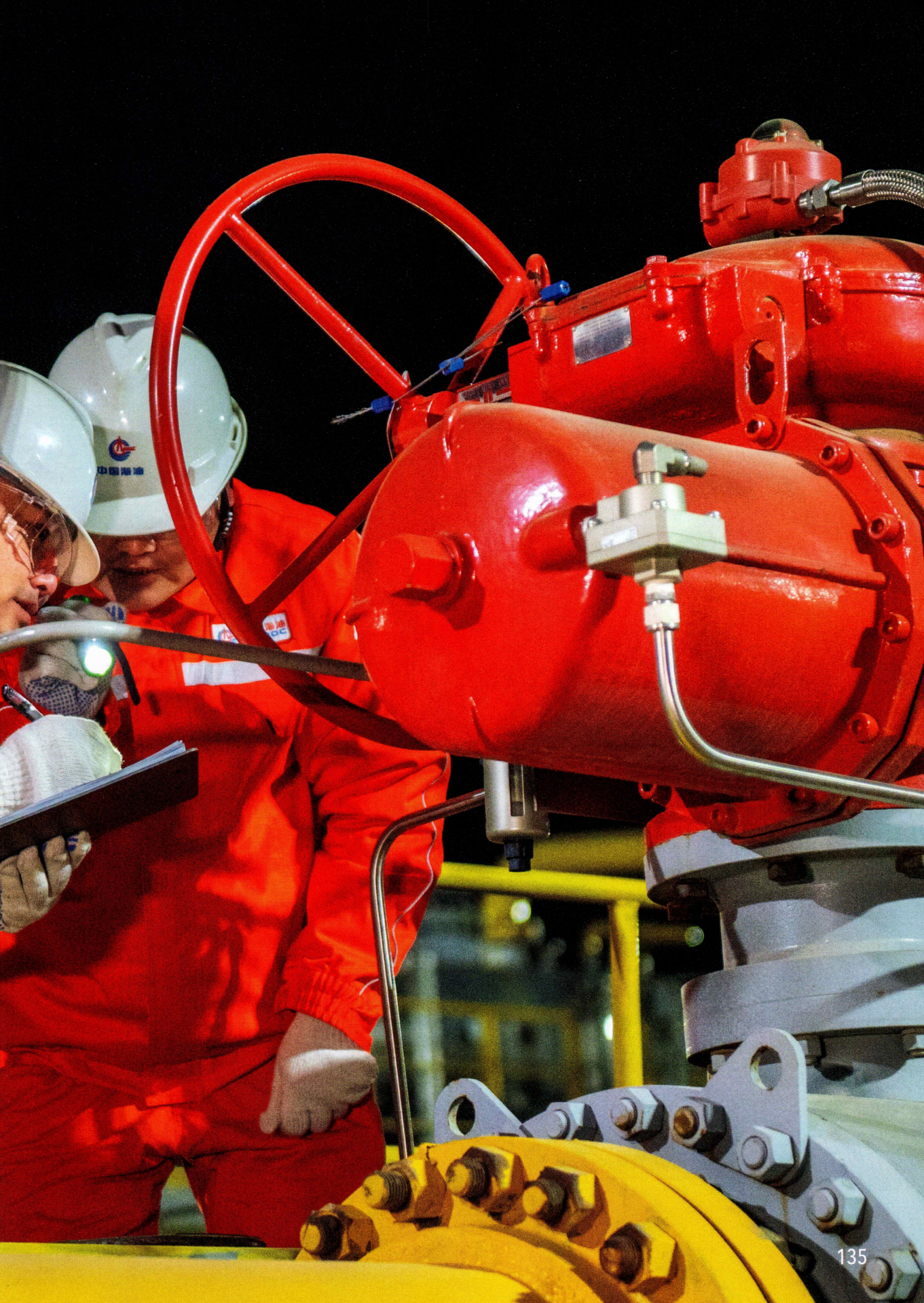
2021年汛期，山西多地发生了50多年不遇的特大洪灾，特别是9月底至10月初，晋城遭遇时间久、范围广、强度大的降雨天气，引发山洪、山体滑坡等次生灾害。晋太分公司的值班室里，急促的险情电话一阵紧似一阵，由于持续降雨，山洪不断冲击煤层气设施，造成部分井场被迫关停。

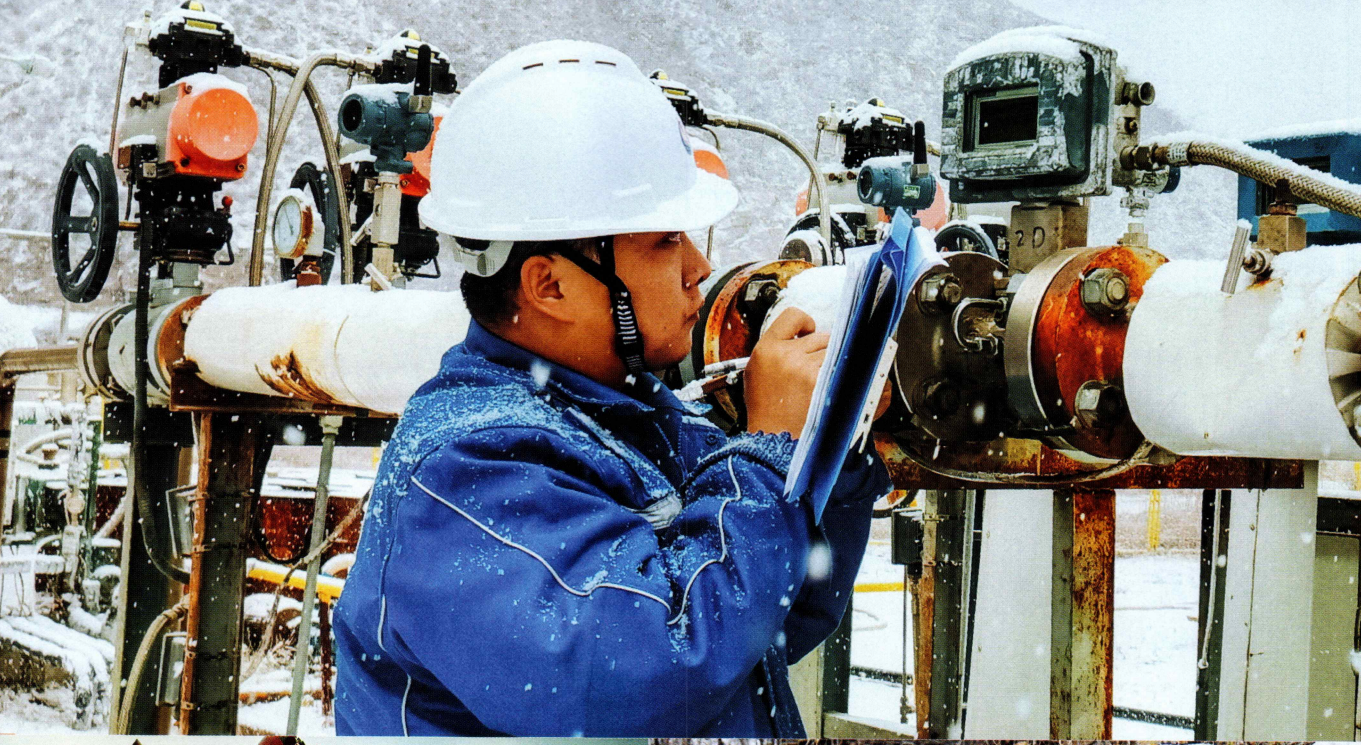
得到各处险情汇报，晋太分公司启动三级响应机制，并按照属地管理的原则，及时向当地政府部门报告。抢修管线时间紧迫，迅速成立的多支先锋队，先后出动了170多人，分潘庄、潘河、柿庄南、柿庄北四个抢险区域，全面加急排除险情，恢复生产。



随时监测、检查设备的运行状况，不仅是因为管道里是易燃易爆的气体，更重要的是他们的工作直接关系到下游的居民和工业用气，要保证常年的稳定供应，所以马虎不得。每个人心里都有这么一根弦。这就是负责，这就是担当。

能源行业，没有放松神经的时候













春夏秋冬，雨雪冰霜，他们，在黄土塬垄中默默坚守

煤层气人，最主要的工作场景就是山野之中。在煤层气最早开采的沁水盆地，太岳山向沁水谷地渐次过渡，基本上是由凸起的石灰岩山丘与黄土覆盖的平地、洼地这两种微地貌单元组成的，黄土沟壑俯拾皆是。虽然山西的气候较为干旱，但赶上雨雪，黄土上的泥泞和湿滑就很严重了。探勘、施工、巡线、维护都不能因为天气而延后。那就走，没什么做不了的事情，这就是实干的精神。



生产运营管理中心负责人强海亮回忆起这场洪灾，仍是惊心动魄。他当时带领一支抢险队好不容易越过泥泞、甚至损毁的山路赶到一处灾害现场时，立马被眼前的一切惊呆了。这里位于沁水县端氏镇坪上村，沁河从村边流过。原本平整的河道被洪水肆虐得如同一片乱泥潭。巨大的D610管道原本跨河而过，在持续的洪水冲击，以及河流中石块、枯木等杂物的冲撞下，半人高的管道多处断裂，多段管道被洪水冲得七零八落，岸上原本深埋的管道，更是被抛出深坑，全部裸露。强海亮心里很清楚这条D610管道的重要性，晋南地区的11家企业，还有几千家居民的用气都是从这条管道输送出去的。

晋太分公司紧急和下游企业进行协调，更换输送线路，确保用户用气，强海亮和几位专家站组织设计、监理、施工方开展管道抢修。此时，暴雨还在继续下，“我们仍然低估了洪水的冲击力，水位居高不下，水流汹涌，刚放好的管子，很快就被冲走。”强海亮回忆道。

怎么办？晋太分公司总经理李岳召集公司相关专家会商，决定另起炉灶，放弃故障点，在另一处较为稳固的河岸，另行铺设一条DN600的钢制管道，用来替代原管道。在李岳的指挥下，管道抢修队24小时轮班驻扎在现场，布管、组对、焊接、防腐等工序一一检验过关，终于在最短时间内完成了管道对接和通气，最大程度减小了损失。

抢险期间，中联公司还组织人员和机械设备，与当地救援力量一同帮助驻地附近受灾的村庄抢修道路、清理河道淤泥、恢复电力运行。其实在当地，驻地员工在休息时，经常到村里帮助村民劳动，做些力所能及的农活；这几年有时驻地人员会因故无法外出买菜，村民知道了，就把自



在一地，爱一地，为百姓提供尽可能的支持，是大家发自心底里愿意做的事情

因为行业的特殊性，煤层气行业和区块所在地的百姓有着很多交集，而且很多区块都是地形复杂的偏远地区。为此，大家都很乐意和村里的老奶奶、老爷爷唠唠嗑，帮着干点活，逢年过节更是一定要去看看他们。要是赶上2021年山西洪水那样的自然灾害，扶危济困更是责无旁贷。



家的蔬菜、水果、鸡蛋等送上门来。村民虽不懂眼花缭乱的管道和设备，但他们知道一个事实：只要有你们在，我们冬天就暖和。

采气人的浪漫情怀

刚入职公司那会儿，强海亮的工资1800元左右，除了给父母一笔生活费，还要支持女朋友，一个月下来已所剩无几。虽无盈余，但日常生活已有保障。真正让强海亮感到为难的是，女朋友给他出的一道艰难的选择题：不想分居两地，你要么回西安工作，要么分手。怎么办？

这是许多年轻的煤层气人都要面临的一道棘手难题。因两地分居，造成煤层气技术人员流失，这在中联公司的各个分公司比较常见。每当领导们批复这样的辞职报告，心里总是不舍和难过。结束两地分居，人之常情，只能批准。那时曾一次性招聘五六十人，几乎全是硕士，到最后能留下来的，不到三分之一。一个又一个优秀技术人才就这样流失，让人心痛，又无能为力。为此，公司也采取了一些补救措施。比如，在技术上，对基层员工进行培训，在生活上对员工给予关心关爱，努力解决员工急、难、愁、盼的问题；对于两地分居的职工，公司也会想办法帮助女方



进行工作调动，到公司及周边工作，让一家人能生活在一起。

有离开的，但更有相当一部分职工没有离开，他们把自己的青春和命运，与煤层气产业的命运紧密联系在一起。他们有自己的价值判断，煤层气是优质清洁能源，是未来的方向，这是其一，更重要的是，这些刚迈入中联公司的莘莘学子，选择留下，选择的是踏踏实实做事、去创造一番事业。强海亮回绝了女友深情的呼唤，决定放手一搏。

像强海亮这样的青春男儿，在中联公司还有很多。当他们义无反顾大步流星走向山野，他们的形象在太行山的映衬下，一下子变得高大起来，他们不再是青涩的大学生，当选择扎根太行的时候就已变成了顶天立地的汉子。

这样的男人形象，又瞬间击中了多少女友柔软之心，他们坚守初心何其难得，又怎肯错过。强海亮的女友不再坚持，两人和好如初，相依相伴，一起步入了婚姻的殿堂。很多女友不再要求男友回来，而是想方设法向男友看齐，尽可能在男友驻地的县市找工作，然后成家。让人欣慰的是，中国交通发展迅速，高速公路、高铁四通八达，他们见面也不再是难事。

情侣从校园相恋，然后一起工作，最后组成家庭一起生活，这是最理想的爱情与家庭，但需要恋人之间的坚定、包容与一致的目标。在长治市长子县的柿庄北采气作业区工作的王建树与在晋城工作的妻子小王，就是这样幸福的一对。尽管长治到晋城只有不到一百公里的路程，可对热恋的人来说，那就是漫长之路。平常加班加点也没时间见面，王建树就用最原始的办法，写情书，向恋人抒发思恋之情，一封封长信，记录着他们爱情、事业的历程。煤层气行业，由于野外作业的特殊性，员工中性别比例从来都是男多女少，很多男性员工，长期生活工作在基层，未

梯田，农舍，采油机，

正在迎来醉人的春天

土地已经平整，田间地头的树木已经绽放出新叶，庄稼即将露头，远处山间山花已经快要绽放了。春天要来了，虽然晚些，却是浓重热烈。
摄影 / 倪拥军

这是小王写给她的丈夫王建树的一封情书，文字优美，字里行间散发着无比的深情与热烈——

亲爱的“老朋友”：

“既见君子，云胡不喜”，这是在我三十岁生日的时候“老朋友”送给我的一句话，铭记心底，这也是每一次见面我们保持的初心，也是我们“友情、爱情、亲情”的小船扬帆远航的动力。

2010 年校园初见，“老朋友”那似一潭秋水般清澈明亮的双眸吸引了我、身上散发的阳光和朝气感染了我，不自觉地跟着阳光了起来，完全没有距离感，就好像我们似曾相识。

2011 年我们一起毕业了，打破了毕业即告别的魔咒，开启了崭新的中联人的生活方式。远离城市的喧闹，远离家乡来到巍巍太行山上实习，青山、沟渠、山村、民宅、井场……环境变迁，却也没有掩盖住我们的芳华，我们一起在煤层气这片广袤的天地下挥洒热烈青春。

2015 年 5 月初，我去一线探望你，春日的路途中山花烂漫。进门的一瞬间，桌上的这瓶小花就深深地温暖了我，虽没有城市的繁花似锦，但是我们的初心未改，这束小花没有花店的多彩精致，但在我心里却胜似百倍，意义非凡，这是“老朋友”漫山遍野地采摘，悠悠的芬芳绽放，每一朵都像是在对我诉说数不尽的情愫。

从相识、相知、相伴，到以后的相守，也许是因为刚好遇见你，生命才变得有意义；也许是因为刚好遇见你，才改变了曾经的自己。

你就是我的太阳，让我的生活充满阳光；何必要愿岁月回首，我们并肩一起走。

谨此致敬陪伴我一路，乃至以后的“老朋友”。

小王

能顾及自己的婚姻大事。这也是中联公司各级领导牵挂在心头的一件大事。领导们很清楚，婚姻不成，军心不稳。所以得想方设法，多为男员工创造条件，让他们有与女性接触交流的机会。2023 年 2 月 5 日，正月十五元宵佳节。由中联煤层气（山西）有限责任公司党委、中联煤层气有限责任公司团委主办，中海油能源发展股份有限公司团委协办的“情牵中联，缘聚龙城”青年交友联谊活动在太原举行，来自 18 家山西高校、企事业单位的 70 余名青年齐聚一堂，共度佳节，共寻良缘。

既然是交友联谊，那活动的安排就需要别出心裁。此次活动充分结合元宵节的特点，设计了包汤圆、赏灯、猜谜等环节。一开始，大家比较拘谨，小心翼翼，后来渐入佳境，毕竟是现代社会的年轻人，大家敞开心扉，相谈甚欢。到了表白环节，几位勇敢的男青年手捧花束，向心仪的姑娘大声告白，引得全场欢呼雷动，最终有 10 对男女青年牵手成功。

中联公司山西公司总经理王宇说：“今后，我们将不定期举办类似的交友、联谊活动。以人为本，将员工利益放在重要位置，高度重视青年的人生大事，这是我们工作的重点之一。”

随着就业观念的改变，开采和信息技术的进步，以及现代化交通网络的发达，将来一定会有更多的女性加入煤层气这个特殊行列，那个时代不会太远，就像黄土塬上、太行山间的春天，虽然每年都来得有些晚，却是人间芳菲，满眼春色。



孙茂远：煤层气的引路人

撰文／朱千华
绘图／傅意凝

中国煤层气产业从无到有，快速发展，离不开中国煤层气人筚路蓝缕的探索，对于产业的践行者和倡导者而言，这是一个充满曲折和艰辛的过程。

20世纪80年代末“一石三鸟”

鼓与呼，讲煤层气的“一石三鸟”

20世纪80年代末，孙茂远在煤炭部情报所专业技术情报室工作，首次接触到“煤层气”的概念。那时，国际上对煤层气的开发利用方兴未艾，他搜集了大量国外关于煤层气的最新情报，意识到深埋地下的煤层气的开发价值。调任中国统配煤矿总公司情报所之后，孙茂远开始积极向政府高层建言献策，前后提供煤层气的详细报告达二十多份。在孙茂远的努力下，煤层气产业的可行性研究，终于提上了政府的议事日程。

在作报告、宣讲煤层气时，孙茂远经常使用一个形容词“一石三鸟”。“一石”是指发展煤层气产业。“三鸟”的意思是：第一，开采煤层气，将解决煤矿高瓦斯的安全问题；第二，煤层气广泛应用于工业、化工、发电和居民生活；第三，为国家增加洁净能源，减少甲烷向大气排放的污染。如此，一举三得。

孙茂远在不同宣讲场合，总是不厌其烦讲述煤层气的种种好处。如此大力推介煤层气，更重要的原因是来自他内心的伤痛，开采煤层气可以极大地解决瓦斯爆炸难题。孙茂远熟悉矿工工作，17岁半来到房山煤矿之后，是小有名气的“拼命三郎”。在煤矿干了10年的他，很清楚巷道里的瓦斯爆炸的灾难性后果。

探索实践，推动煤层气产业迎难而上

从80年代与煤层气结缘开始，孙茂远的人生轨迹，始终围绕着“煤层气”三个字展开，他所追求的是大力发展煤层气产业，冀望的是让煤矿更安全、让天空更清蓝、让百姓更温暖。

孙茂远撰写的《中国煤层气开发前景联合报告》，是我国第一份最有影响的煤层气研究成果，其中对我国煤层气的资源情况、开发所需要的政策、展望等都有







论述，提出了20条建议，对中国煤层气的开发起了重要作用。现在耳熟能详的“先采气后采煤，采气采煤一体化”建议，最早就出自这个报告。

1996

经过孙茂远不懈地宣传与推广，煤层气这一全新的能源概念逐渐为国内熟知，并引起上级部门的关注，从而引发了行业的兴起和发展。

对孙茂远来说，1996年他人生的一个分水岭。这年，他参与了中联煤层气有限责任公司的创建。1996年5月17日，中联公司在人民大会堂正式成立，孙茂远被任命为副总经理，分管对外合作开发事宜，他主持引进了康菲、安然、德士古等多家外资企业。中联公司带着对外合作的基因成长起来，直至现在，对外合作仍是中联勘探开发的重要部分，先后与近20家余外企签订了30个产品分成合同，吸引外资40多亿元，占中联公司总投资80%以上。

煤层气勘探开发在中国从未有过先例，一切都要从零开始摸索。作为行业的倡导者、开拓者，孙茂远孕育了一个前所未有的产业。当时，一大批国际知名油气公司抱着想要在新兴产业中立足的心态而来，却因技术迈不过“水土不服”这道坎而撤退。孙茂远下定决心，通过对外合作，引进人才、技术、资金，靠我们自己啃下硬骨头。

1997年，在他的推动下，中联公司在沁水盆地南部部署了第一批勘探钻井，这里是中国煤层气开发的前哨站，也是中联煤层气开发的主战场。第一口探井在1998年投入排采，为煤层气商业开发奠定了良好的基础，更对全国的煤层气产业发展起到了示范和推动作用。如今，沁水盆地煤层气生产基地，已成为我国开发最好的煤层气田。

1997

从对外合作，要合作与自营两条腿走路，再到如今逐渐发展壮大自营，中联公司一步步走出非常规高质量发展之路。

像孙茂远所感慨的那样，“煤层气产业实现了华丽转身。”如今，令人生畏的“夺命瓦斯”，已成为我国能源革命的“澎湃动力”。

终其一生，矢志不渝执着奉献

早年从事煤层气情报工作的经历，让孙茂远养成了学术严谨的风格。他深知一个错误的数据就可能导致领导决策失误，造成重大损失。因此，无论是自己的论文还是专著，孙茂远总是做到真实、科学、严谨。

1996年1月19日，时任中共中央总书记江泽民带队考察煤炭工业发展情况。会上，江总书记询问美国目前煤矿事故死亡率，孙茂远流利地报出，1995年美国煤矿百万吨死亡率为0.0417%的精确数据，并分析对比了中美两国的煤炭发展情况，为中央决策提供了重要参考。之所以能即刻报出准确数据，孙茂远后来回忆说：“我们情报人员，需要强大的记忆力，一些具体数据必须信手拈来，对重要信息一定要谙熟于心。”

在中联公司期间，在与国家相关部门的协调中，孙茂远曾先后登门拜访17次之多，终于打动了相关领导，说好只谈十分钟，结果聊了一个小时，切实解决了一系列问题，推动了潘河示范工程项目的国家立项，从而拉开了沁南地区煤层气的大规模商业开发序幕。

一次接受记者采访时，孙茂远说，他会把煤层气当作“一生的事业”。2011年，孙茂远退休，转而担任中联公司总顾问。这份工作一干就是9年。每天早晨，他会一如既往地在6点左右到达办公室，做做俯卧撑，锻炼一下身体，不到7点，就已开始了新一天的工作。这是“从学生时代就坚持下来的体育锻炼的习惯”。

员工们回忆说，退休后的孙茂远仍然总是匆忙的、待不住的，但他依旧谦逊、温和，在工作中为后辈指点迷津。这期间，他有了更多时间沉下心来做学问，也经常在行业和媒体发声，为技术创新与政策机制建言献策。煤层气，在他心里总是优先的。他孜孜不倦地、一笔一画地绘着煤层气产业的发展蓝图，把希望、愿景写进这幅画卷。

这种状态持续到了2020年。这一年，孙茂远因病去世，永远离开了他热爱的煤层气事业。他的好友说，生命的最后一天，孙茂远仍不忘带上笔记本电脑，准备如往常一样继续手头的工作，也不忘提醒好友：“天冷，快穿好毛背心。”

山峁沟墚梁
记录抉择和足迹

撰文 王芳　摄影 贺子毅 等

一个煤层气区块的开发开采少则几年，多则十多年。山西临兴所辖区块总面积超2300平方公里，目前探明地质储量超1010亿立方米。而在这千亿方的背后，是一群年轻的非常规油气人的岁月与抉择。



黄土高原的道路崎岖不平，远离城市的喧嚣，五辆银白色的汽车飞驰而过，沙尘在车轮下飞扬，落在车身上形成一层薄薄的灰尘。车轮翻滚着，像是在和路面上的小石子玩耍，发出清脆的撞击声，远处峰峦起伏、山势险峻，一旁的高压电网如同一条巨龙，在塬墚间穿行而过，展现着壮美的高原风貌。这就是煤层气人前往现场，踏勘、寻井位、验管沟、查焊口、指挥压裂工作的日常。供图／中联公司





“油气都在偏远之地。”一路走来，这是听得最多的一句。

铺展开地图，晋西北在山西平行四边形的左上角。隔着黄河与陕西和内蒙两两相望，黄河和黄土一向是这片黄土地最显眼的名片。就在黄河与吕梁山之间的这么一条狭长的地域，塬高沟深，黄土漫漫，张遂安他们这样的煤层气专家称之为“鄂尔多斯盆地东缘”。

有一群年轻人，自愿选择扎根在黄河与吕梁山之间的这片山峁沟壑中，如山野间自在生长的林木，让荒凉山岭，多了几分热闹。

来自全国 26 个省市，他们说“以后会越来越好”

临县，西依黄河，北靠兴县，位于吕梁市的西北角。

夜晚的临县，干冷干冷的，就在一条狭长的山谷内，“中联”两个大字分外醒目，这是晋西分公司租住的写字楼，分公司总部驻扎在这里。

办公楼前有条河，叫湫水河。

湫水河，我以为就是一条季节河，没想到冬季的河道并不窄，作为黄河支流，发源于兴县白龙山下湫水寺，流经临县湫河川至碛口镇汇入黄河。古称临水，亦名龙泉水、秋水。《水经注》上说，汉代时因“水出陵川北溪，南经其川，西转入河”而名陵水。到隋代又因河经山谷低下地带而名湫水。湫水河是临县的母亲河，全县的川坪地和水浇地多分布在湫水河沿岸及其两翼沟道内，水库、塘坝、灌渠、河坝等水利工程大都分布于此流域，素有“百里湫川”之称。



湫水河是临县的母亲河，沿岸人烟稠密，

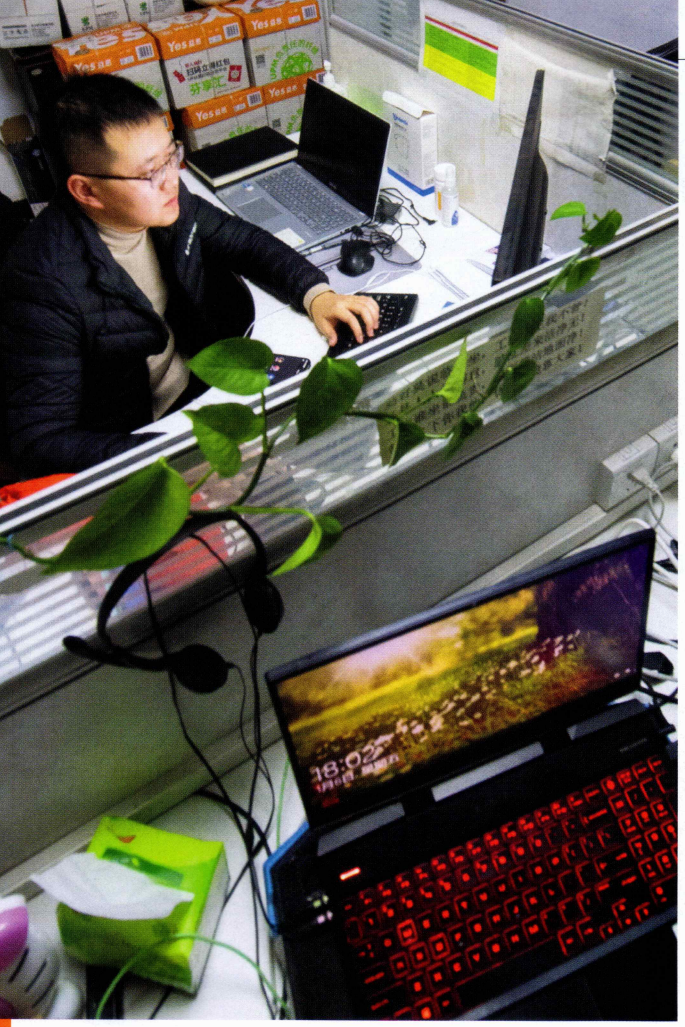
素有“百里湫川”之称

起伏的山峦紧紧包裹着临县这座秀美的小城，一川湫水穿城而过。过湫水河大桥一路向南，民居建筑变得紧密，道路贯穿于每条川沟，有宽有窄，层层叠叠的山沟两侧，高低错落着的不同时期的民居。河的西岸以绿地为主，河畔的湫水河公园也是当地居民打发闲暇时光最好的去处。狭长状的县城，东西宽度最宽处仅1公里左右距离，东西主干道勾勒出城市清晰的轮廓。曾经的贫瘠土地，遍地大山、成片窑洞已成为过去。有山有水有能源，如今的临县基本实现用“气”自由，来自五湖四海的中联人和当地人共同生活在这片土地上，日子如湫水河一般，川流不息。

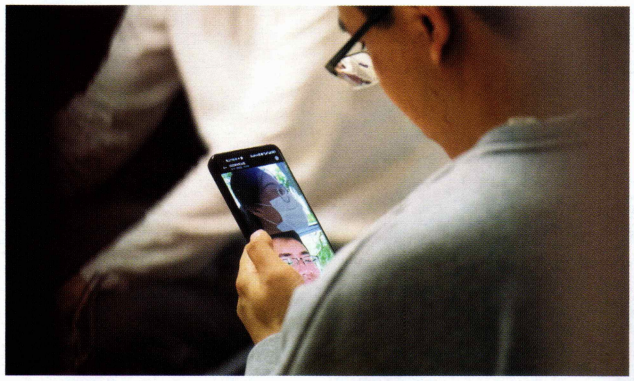
抵达晋西分公司的时候，员工们已经用完餐，偶尔邂逅几位加班同事的身影。“我们这里的工作大部分是出外，像种子一样撒出去了，兴县、临县的乡村，到处都是。在山里基本上都是没信号的，所以会经常联络不到我们的同事。”跟随我们全程、带我们参观的中联员工王兵杰解释道，她曾在这里短暂实习过，是为数不多的女孩子。

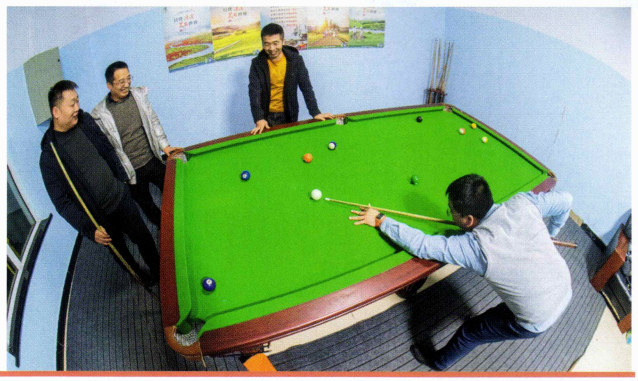
接待我们的年轻人叫罗彪。个子瘦高瘦高的，一打问，竟然是云南人，小伙子善谈，很快就与我们熟络了，他说一毕业就来到这里了。我很好奇，一个西南娃子，怎么就能落脚到这样偏远的晋西北呢？

天完全暗了下来，一栋高层住宅楼里，三个中联年轻人租住在此。房间开阔而明亮，完全不逊于大城市的居住环境。听罗彪介绍，他们70多名员工基本上都









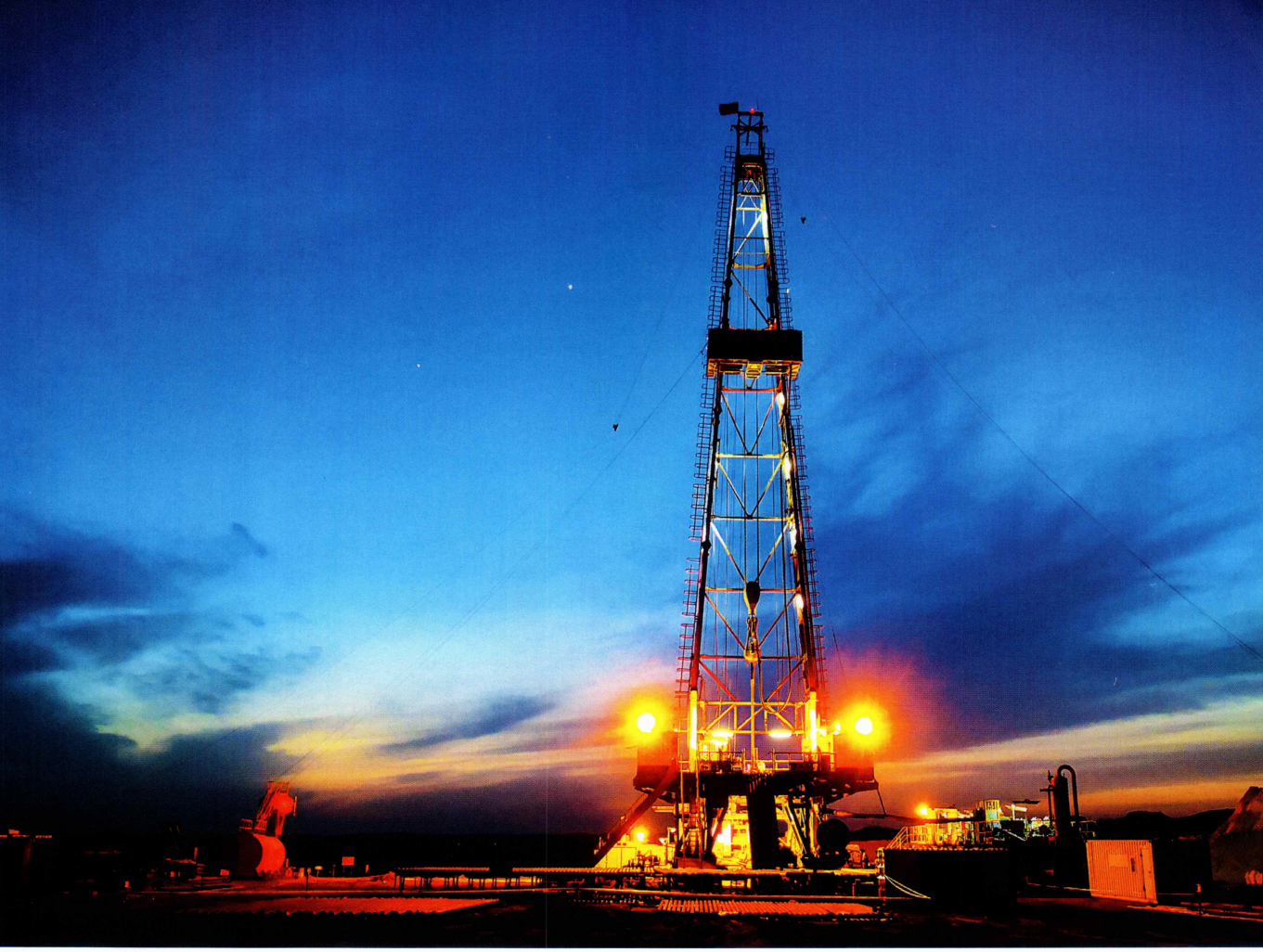
是这样，租住在临县的各个生活区里。坐下来，与这三个年轻人聊起来。一问才知，他们之中竟然没有山西人。赵俊来自四川成都，亓银波来自山东莱芜，张迎甲来自甘肃白银。他们不是个例，实际上近几年，中联公司招进来的山西人也才逐渐多了起来。

“为何会落脚到这里？”“学以致用吧。”最先回答的是来自四川的赵俊，他稍年长些，话也更简短。

晋西分公司的员工，70%学历都在研究生以上，来自全国26个省市，平均年龄32岁左右，很多都毕业于中国石油大学、长江大学等高校的相关专业。遇到了中联的招聘，他们便凭着一腔热情来到这里。但生活并不是凭借一腔热情便可以的，刚来时，心理落差真是太大了，这里

扎根基层的年轻人，是新时代能源产业工作者的缩影

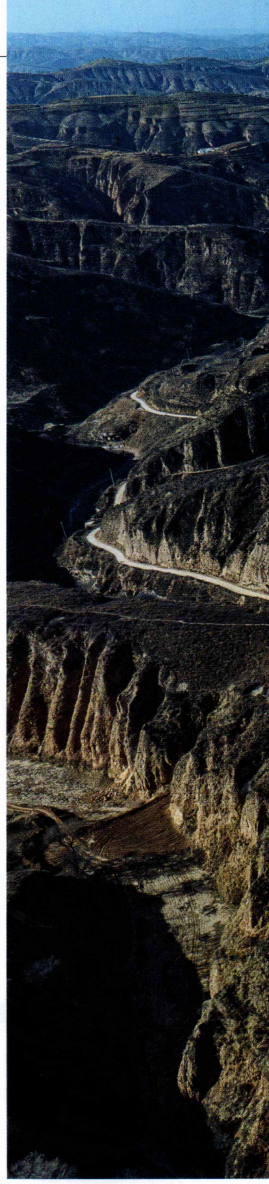
来自天南海北的年轻人们，愿意抛下大城市的浮华与荣光，扎根基层，本身就值得敬佩。从他们的言行与谈吐间，可见这是一群有见识、有理想、更有抱负的青年，虽然生活、工作环境相对简朴，但对于现代社会的众多议题，也有着或深或浅的见解，打破了我们对于能源工作者的刻板印象。他们会利用现代科技，安排工作流程、完善施工技术、管理工程进度等，他们是新时代能源产业工作者的缩影。私底下的他们，没有太多的娱乐生活，但依然过得有滋有味。供图 / 中联公司



与他们生活的城市有着天壤之别，与他们要去荒凉地方的心理预期相差也很大。山沟里的县城不大，跟繁华一点儿也不沾边，物资也很贫乏，最发愁的还是生活习惯难以适应，不合胃口的饭菜，十分地想家，白天还好说，去巡查井场和管道，有工作可做，枯燥的夜晚就比较难过。可既然来了，就先适应着吧，租下了房子，慢慢地教当地人做菜，当地人的热情和朴实也感染了他们，时间长了，就打成了一片。

生活上慢慢适应以后，稍微有了点归属感，他们也就能很好地处理生活问题了，闲时，他们会沿着漱水河走走，让自己融入临县的人流，体会这里的风土人情。像众多在外打拼的年轻人一样，电话和视频，成了他们与家人沟通最多的方式。

不是没有打过退堂鼓，但是想想自己总还能学以致用，想到自己克服了生活上的困难，真真正正把地下的能源开采出来，解决的却是千家万户的生活需求，就又觉得将来自己给子孙讲起来，这一辈子，也是值得。左思右想，沉下心来做点事情的想法占了上风时，就又能待得住了。说起了陪伴家人，不知是谁中间冒出来一句：“我们相聚75天的感情质量高于别人的365天。”大家都笑了。2014年，中国海油正式入主中联公司，产气量连年攀升，最直接的体现——员工工资有了很大的提升，生活条件也更好，“我们能待得住，会越来越好的”，家乡在长治，刚加入中联公司两年的崔树辉腼腆地说。



从零起步，晋西深煤层致密气开发创造了多项“第一”

2022年6月，酷热的吕梁山区，井然有序的现场，发出阵阵轰鸣的作业声。身穿红色工服的中联人正在临兴区块某井测试无阻流量，结果显示当天超30万立方米，这是中联公司晋西分公司高产井又一重要发现，也是“少井高产”开采思路取得的又一突破。

晋西分公司所在的临兴区块，是中联公司在鄂尔多斯盆地的两大区块之一，2022年，晋西分公司加大开发力度，年产量再上新台阶，达到了近21亿立方米。可以说从2013年到现在，晋西不仅实现了零的突破，还为增储上产打下了基础，目前拥有8个场站，400多口井。

在晋西分公司会议室，工作人员为我们简单介绍了晋西基本情况。

与晋中和晋东南的各区块不同，致密气一直是临兴区块开采开发重点。为了区分理解，他们做了生动比喻：“地质学家是大地的哲学家，找致密气，如同建房子一样，首先要找到框架，然后判断砂体，同时结合地质学沉积、成藏的概念，来推演区域能源分布。煤层气存储在煤层中（自生自储），致密气向上运移到砂岩之中。致密气储层具有很强的非均质性，如同一个盘子，啪一下子掉地上摔碎了，七零八落的，所以比起沁水盆地，这里开发难度更大，技术要求更高。”

临兴区块所在的鄂尔多斯盆地是我国第二大沉积盆地，致密气资源量13.3万亿立方米，占盆地天然气资源量的82%，占全国致密气资源量58%。2021年2月28日，中国海油宣布，山西临兴气田探明地质储量超1010亿立方米。这是中国海油首次在陆上发现千亿方大气田，也是中联公司在致密气勘探发现上再次写下的浓墨重彩的一笔。

谈到煤层气行业，他们反复强调：“国家能源的饭碗必须端在我们自己手里，这是大方向。”中联公司作为央企，更多考虑到国家战略、社会责任和惠及民生。今天的临县兴县已经基本实现生活用气全覆盖，供应给周边地域都是低价民生气。中国海油全面介入后，投入加大，开发力度也更大。“现在中联公司开始了深部煤层气的勘探开发，临兴区块是未来发展的重要区域。”

目前我国煤层气勘探开发深度大多在1000米以内，尽管深部煤层气资源量更为丰富，但煤层地质条件更加复杂，同时伴随煤储层孔渗性差、塑性强，人工裂缝难延伸等因素令储层改造更加困难、开发难度更大。2022年9月27日，中联公司在山西吕梁市临兴区块实施的首口深层煤层气水平井“深煤一号”成功投产，回望相关数据：完钻井深超3200米、水平段长度达1000米、煤层钻遇率达到92%、最终测试产量达到60000立方米/天，标志着中国海油陆地

从浅部煤层向深部煤层成功迈进

“深煤一号”正式投产

目前中国煤层气勘探开发深度大多在1000米以内。位于吕梁市的“深煤一号”，完钻井深超3200米，水平段长度达1000米，煤层钻遇率达到92%，对助力我国煤层气行业高质量发展和保障国家能源安全具有重要意义。经初步估算，中联公司区块的深层煤层气远景资源储备量大、勘探开发价值高，是公司未来产能接替的重要资源，对打造中国海油陆上清洁能源基地，建设陆上万亿方大气区具有重要意义。



油气勘探开发从浅部煤层成功向深部煤层迈进，创造了中国海油陆上煤储层埋藏最深、液量最大、砂量最多、排量最高等多个第一。

对于深煤层来说，相较于两三千米的地层，煤层气存储厚度仅3—5米，最多10米，深煤层钻井开采犹如穿针引线，钻井角度、深入速度、煤层厚度与煤质勘测……每一个技术因素都需要通盘考虑。但正是这一尝试，为非常规能源行业的发展提供了新思路，鄂尔多斯这片宝地将会给晋西分公司更大的发展空间。

站的运行、井的看护，先锋站的日夜

羊肠崎岖的土路上，车奔行了一个多小时，才找到了位于吕梁市兴县的临兴1号集气增压站，它是晋西分公司建设的第一座天然气集输增压站。

中联晋西分公司指挥大楼也建在这里，周围群山环抱，三层大楼占地面积1.95万平方米，为集中办公、信息化操控、就餐、健身、住宿、资料存储为一体的综合型大楼。





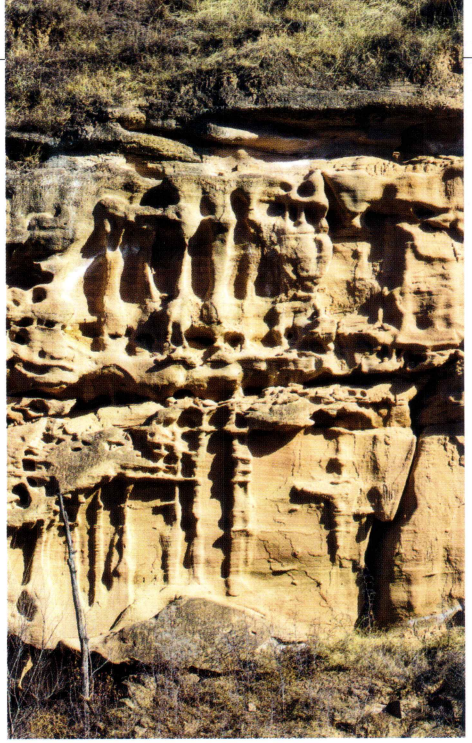
临兴1号集气增压站部分员工合影

从空中俯瞰，沿山谷沟渠蜿蜒，一条南北走向不具名的河流与山上来的溪流交汇，包裹着整个站地，因为山体分布的不规律，楼不是正南正北向，我们的随行摄影师，拍下了航拍图，平顶的塬、浑圆的峁、一道道墚、一条条沟，四周是典型的黄土高原地貌。

这里的负责人叫何东，西安人，把头发打理得有型有样，他说这是精气神。2011年到中联，2020年到1号站，何东把根扎在了这里。

1号站总共有7名中联员工，肩负着安全生产、措施作业、设备管理、场站运行等多项工作。“我们每天7：00起床吃饭；8点开早会，安排工作；晚上晚会，汇报总结工作。”山路颠簸漫长，进城不方便，日复一日的工作生活略显单调。虽然有着“工作21天休9天，工作42天休18天”的制度，但过去的三年基本没人能做到完整休假，120多天连续坚守在岗





晋陕黄河大峡谷从碛口古镇沿黄河岸北上至临县八堡乡，长约90公里，其中尤以百里画廊最为典型。两岸的石壁上有经过大自然一万年鬼斧神工的风蚀、水蚀浮雕，绵延百里，构成极具水墨写意的画卷长廊。在距离办公楼不足百米的区域，我们就发现了一组长卷，远看以为是石窟佛龛，走近才发现是大自然的恣意手笔。

位上已经是常事。

工作之余，何东练起了毛笔小楷，还带领大家种起了“小菜园”。办公楼西侧不远处的一片的空地，我们去的时候正值冬季，菜园略显荒芜，但丝毫不影响员工们闲暇时间清理院内杂草和石块、翻整土地、松土。春夏秋时节种些时令蔬菜，香菜、小白菜、青椒、西红柿、西瓜，罗彪拿出手机向我们一一展示。一路探访下来，毫无疑问，晋西的饭是最好吃的。

说到要去看集气站，黑龙江来的陈恩尧和叶超带我们从站里走出来，向面前的大山走去，绵长的山沟里，一条条黄色管道并排交织，从弯弯绕绕的山里面钻出来，远远望去规模不大，但谁又知道我们的脚下又会有多少管线，它们将非常规油气汇聚到这里，增压以后，再合并到大管道里，把天然气输送到千家万户。

四面八方来的人，把非常规油气采集出来后，送入管道，又输送到四面八方去了。

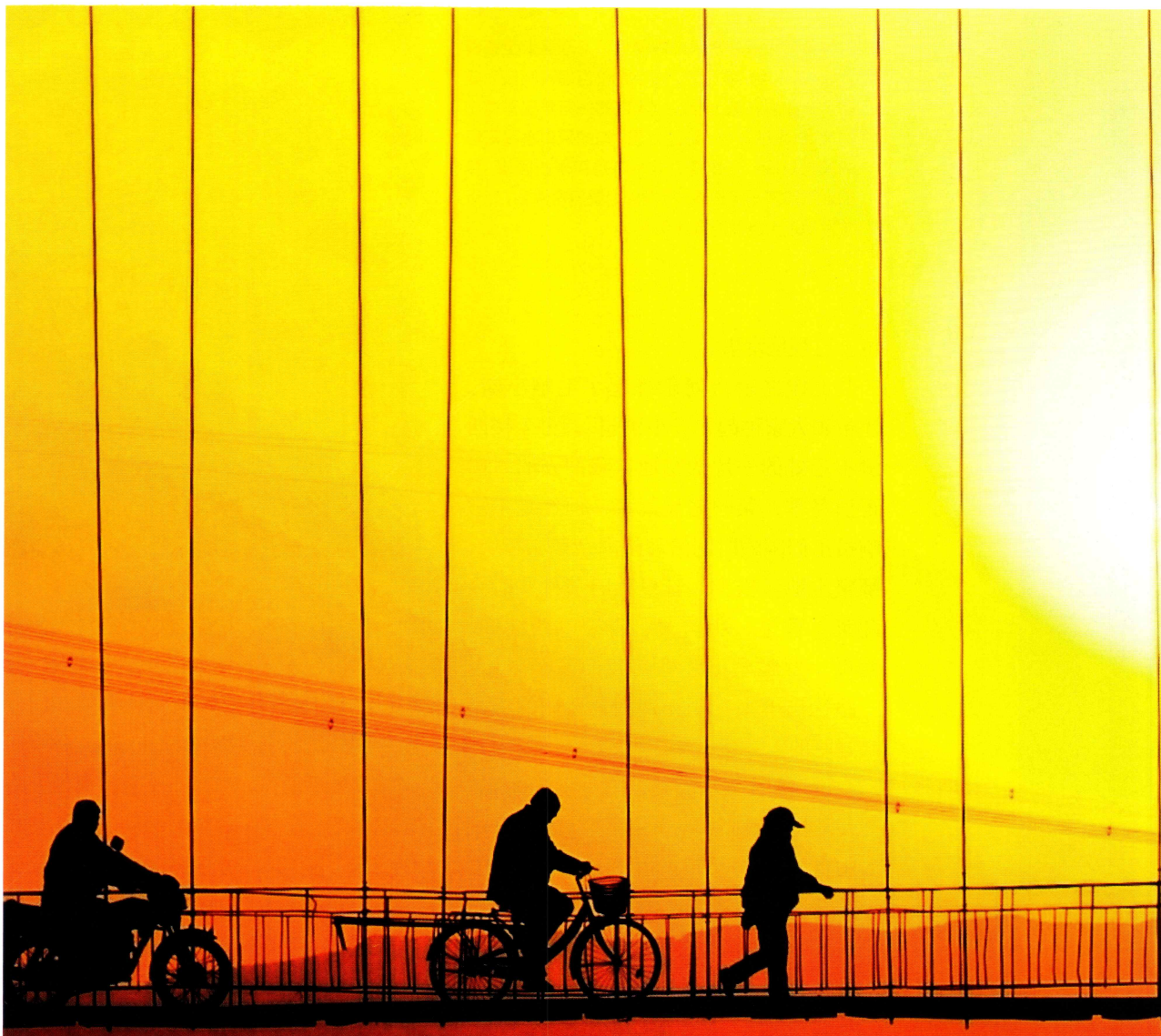
山坡上很荒凉，也许是冬天的缘故，极少见绿色，这么遥远艰苦的山区，人迹罕至，若不是因为开发，谁会来这里，更不要说远山顶上、需要驱车才能到达的正在进行钻井作业的地段。

前往钻井平台的路，司机高永明不知道走了几百次。这位临县小伙，已经给中联开车八年多了，他说，是中联养活了跟他一样的许多人，中联公司所有员工都是高级知识分子，服务人员多是当地人，他们已经和中联人融为一体。高师傅和同行的中联公司的陈泽恩像哥们似的，和我们聊起了生活工作，聊起了临县，盘山土路在他娴熟的车技下，如履平地。前往钻井作业区，必经一段“搬家路”，他们说那是推土车压出的最后通向钻井平台的路。尘土飞扬，无人机一直尾随我们，记录下全程最陡的一段。随行的陈泽恩，他的工作是“井控”，简言之是井口安全生产的监督和保障，对于致密气而言，这是非常重要的一环。

接近行程尾声，陈泽恩拿起手机，给我们看了两张照片。一个是日落时分的山野线，还有一张云雾之中的钻井井架，他说那是跑现场、爬山头、驻井监督的日子，难得抬头望到的景色。

也许很久以后，什么都忘了，我遇到的这些年轻煤层人不会忘。

我许诺过，会在网上和他们交流写作，让他们留住在深山中的这些岁月，相信有实现的时候。



少有人会走的路

根据2021年第七次全国人口普查数据显示，在群山环绕的临县、兴县，外出的年轻人口不断增多。但有这么一群中联人，却选择了少有人走的路。以下几位中联员工的自述，让我们了解到，能源行业与奉献一直划着等号。

采访
尔东
摄影
倪拥军 等



随着致密气产量的大幅度提高，中联公司也加快了对鄂尔多斯盆地的开发步伐，就在这数不清的山峁沟梁中，散落着一个又一个的身穿桔黄色工作服的煤层气人，那桔黄色，耀眼闪亮，他们为了责任和使命留下来，与荒凉的大山作伴，为了万家灯火的幸福。

热爱、坚守、奉献



绘图 / 傅意凝

“我与临兴区块共成长”

2012年毕业我便来到临兴区块，刚来的时候，临兴区块规模不大，项目部仅有8名员工，当时简陋地租赁了两套民房，客厅用于办公，卧室用于住宿，现场仅有一口钻井作业和二维地震作业，项目部在国家级贫困县，很多人都不愿意来到这里，我作为海油登陆的先遣队主动请缨来到这里，可以说我是跟随临兴区块一起成长起来。

现如今晋西分公司已经发展到70多名员工，为这些来自全国各地的员工生活着想，公司特意租了50多套房屋用于员工住宿。

因为家在黑龙江，离山西比较远，加上工作比较忙，一年回不了多少天家，开始家里人不怎么支持我来这么远的地方工作。后面我跟家里人说明了我工作的意义，最后家里人为了支持我的工作，也跟我一起来到了山西，他们现在定居在太原市，孩子已经上幼儿园了。平时工作期间，我会在下班后通过视频的方式跟家里人分享今天工作中有趣的事，也会问家里今天吃的是什么，休假回家会把家里面的体力活都处理好。

姓名 ：金立民

年龄 ：34

故乡 ：黑龙江省宁安市

工作单位 ：晋西分公司 · 吕梁市临县、兴县

家庭状况 ：已婚



无论是凛冽寒冬，还是炎炎烈日，总有一群不忘初心的能源人不畏艰难，坚守岗位，用一滴滴汗水确保各项能源保障工作正常运行。热爱、坚守、奉献是我们一路来听过最多的词，这也是他们的真实写照。





“也曾想过在大城市生活，但年轻的时候就要深入基层”

绘图 / 傅意凝

姓名 ：陈泽恩

年龄 ：30

故乡 ：河北省邯郸市曲周县

工作单位 ：晋西分公司 · 吕梁市临县、兴县

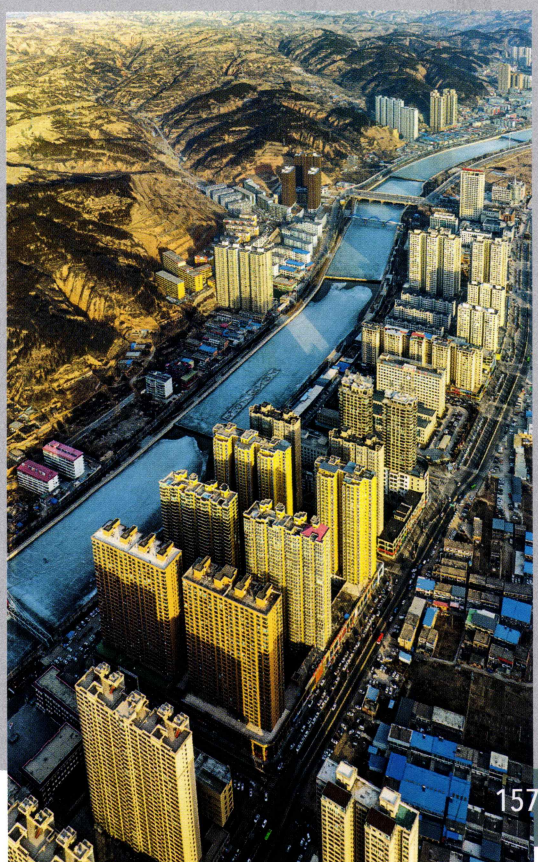
家庭状况 ：未婚

我是2020年6月毕业于中国石油大学（北京）石油工程学院，入职中联前，也曾想过留在大城市生活，但是我更看重到基层历练自己的机会，于是我在全流程轮岗结束后，就竞聘了晋西分公司钻完井部井控监督岗位，顺利通过面试上岗。

2021年我申请去钻井现场驻井学习。刚去驻井的时候，有很多不适应。钻井作业是全天无休的，每天都伴随很大的柴油机噪音。我睡觉比较轻，有点动静就容易醒，所以驻井期间一般都是晚上12点之后睡觉，睡不着的时候就会穿好劳保去钻台转一圈，检查作业情况。

春天的时候风沙比较大，刮起风来漫天黄土，现场作业人员需要戴口罩作业。有时，我们中午会在外面围着桌子吃饭，不知啥时候就会接受一次风沙黄土的“洗礼”。驻井的时候，井队有厨师做饭，伙食虽然普通，早上咸菜和馒头，中午和晚上一般两个菜，但味道还是很好的。由于井队有三十多人，所以几乎每周井队值班车都要去县城采购食材。记得2021年国庆节期间，吕梁地区连续下了好几天的雨，队上吃的东西都没了，但是道路不通，值班车无法下山，井队联系项目部购买物资送过来，因为山陡只能送到山下，我和井队人员走着下去将物资抬上来，期间不断有人滑倒。

我所在的分公司驻地位于临县县城，单位给我们员工租的房子离驻地很近，步行可达，所以和在城市里比起来，不存在通勤时间长和堵车的问题，下班后有更多属于自己的时间。县城不大，驻地大楼周围也没有那么多娱乐方式可选择，所以下班后我就经常沿着湫水河跑跑步，也算是放松和锻炼了，最远一次一口气来回跑了15公里。把跑步当作兴趣爱好来培养，人变得越来越精神，跑出了健康，跑出了更高的工作效率。



在这里的“她们”需要更多地考量工作和生活的平衡



绘图 / 傅意凝

姓名 ：李远灵

年龄 ：35

故乡 ：四川省内江市

工作单位 ：晋太分公司 · 晋城市沁水县

家庭状况 ：已婚

2011年本科毕业于西南石油大学油气储运工程专业，因为家乡和学校都在四川，就想着毕业去外面看看，同时也看好煤层气这一新能源的发展前景。毕业后满怀憧憬，一路坐火车到郑州，再坐大巴到晋城，穿越一个个隧道之后，地势越来越起伏、越走越荒凉。曾经幻想过很多次前往晋城的旅途，想过南北方的差异，可这连绵的山脉、耸立的崖壁这么突兀地出现在眼前，心里还是有些低沉。

刚开始在项目部工作，我们需要跟着师傅学现场施工管理，踏勘管线、验管沟、查焊口等，对照施工规范及设计要求，确保现场施工质量。印象最深的，12月的沁水盆地深处，寒风冷冽，我穿着沉重的工鞋，驮着宽厚的棉工服徒步两三公里，检查管沟开挖质量，走完之后整个人都虚脱了。

我们施工现场，山峰叠嶂、沟壑纵横、山路狭窄陡峭、黄土飞扬，公司的越野车跑过，后面全是扬起的尘土，夏季打开车里的空调，仿佛弥漫的都是尘土味。因为地势起伏，山路盘旋陡峭，车速不稳定，很容易造成晕车。现场施工队伍都是男士，山上也没有厕所，即使再口渴，水也不敢多喝。雨季来临，很多井场靠车辆上不去，必须徒步走一段路，鞋底粘了厚厚的泥，沉重的工鞋加之鞋里的钢板，硌得脚背酸疼。现场工作过程中，被山上的灌木刺穿过工服，也有被毒蚂蚁咬得手腕肿大，在小腿都留下过血道子等，都是常事。山里天气变化大，有的时候上山还是晴天，过会儿就大雨滂沱，下山的道路充满了危险。当然，现在山上的路已经改善了很多。



山上气井、井场路星罗棋布，跑现场的那几年基本熟悉地形、井位，带设计踏勘现场，跑遍了晋城分公司各个区块。前些年像我这样的女孩子挺多的，现在由于工作调动等各种因素，留下的少了。我也因为工作内容调整，基本都在室内工作，上山的时间也减少了。

我的先生是同单位的，2019年考虑孩子上学，在晋城买了房。生产支持中心成立后，个人面临留晋城还是去太原的抉择，在综合考虑业务模块与现场的契合度以及陪伴孩子方面，最后选择留在晋城，也慢慢适应了北方干燥少雨的气候，把晋城这片能源热土当作自己的第二故乡。

中联的蓬勃发展，让属于我们每个人的幸运也得到了延续



绘图 / 傅意凝

和我的家乡比起来，临县生活状态最大的区别是饮食文化的不一样，这里以面食为主，对我这个从小到大吃米饭的人来说，是一个很大的挑战，但是经历这么多年的习惯，我也适应了这样的生活方式；还有一个区别就是平时的交流，面对这里十里不同音的地方方言，在平时跟当地人沟通交流存在很大的困难，在这工作期间，我也渐渐成长为一名“语言专家”，能听懂十里八乡的地方语言。

融入当地生活后，我觉得吕梁是座英雄而伟大的城市，孕育了勤劳勇敢的黄河儿女，积淀了先辈们的血泪和汗水，铸就了伟大的吕梁精神。吕梁也是山西贫困地区之一，但是这几年发展迅速，我亲眼见证了当地人们生活方式、居住条件等各方面都发生了翻天覆地的改变。

我现在育有2个女儿，妻子现工作在山西省吕梁市柳林县，感觉很知足。当初在机缘巧合下加入中联公司这个大家庭，在这里的每一天都让我觉得自己是幸运的，我希望中联公司蓬勃发展，日胜一日，早日建成建设中国海油陆上万亿大气区和陆上清洁能源基地，让属于我的这一份幸运也得到无限的延续。



姓名：陈恩尧

年龄：37

故乡：黑龙江省七台河市

工作单位：晋西分公司·吕梁市临县、兴县

家庭状况：已婚

岁月如歌，如果将个人足迹放置于整个时代的洪流中，显然过于渺小，但他们让我们看到了另一种生活的选择。朴素表达的背后，我们读到了热爱、坚守、奉献；读到了思考、平衡、满足；似乎也读到了生活中每一个平凡的自己。成长、工作、家庭、事业……这些始终横越在人生路上选择，在他们一步步前进奋斗的路上逐渐清晰，汇聚成强大的凝聚力，持续发光发热。

能源，为发展提供动力

万家灯火，守护温暖和美好，昭示活力和希望。夜色下的山西省会太原，灯火璀璨，汾河如带，纵贯而过。城市的主干道两旁，高楼林立，车流从中穿梭而过，霓虹灯、车灯在夜幕中交织成活力满满的图景。充沛的能源，是现代化发展的强劲动力。在山西，从数千年来煤炭的开采，到煤层气、页岩气的利用，到风能、太阳能的普及，一条条输气管道、一条条输电线路，将澎湃的动力输送到工厂、城市，推动经济社会的发展。新时代，山西正在用高质量的发展、自然友好的生态，为未来注入新动力。



