

# 传承“流淌”千年的治水智慧

## ——新疆吐鲁番坎儿井在遗产保护、文旅发展中绽放时代活力

文化中国行  
科技赋能典型案例

◎本报记者 梁乐 朱彤

来到新疆吐鲁番，游客品尝了香甜的葡萄之后，必定要去坎儿井看一看。9月3日，2024年(第十一批)世界灌溉工程遗产名录公布，新疆吐鲁番坎儿井位列其中。这个隐藏在地下古老水利工程，近两千年来持续滋润着火焰山脚下的这片绿洲。

作为我国年均降水量最少的区域，吐鲁番为何能诞生一项世界级灌溉工程?科技日报记者日前来到吐鲁番市，探寻坎儿井“永葆青春”的秘密。

### 开凿技术巧妙独特

吐鲁番盆地年平均降水量只有16毫米，而蒸发量可达3000毫米，被称为“中国旱极”。如何引水、留住水，这对古代吐鲁番居民是极大的考验。

吐鲁番市水利局党组书记、副局长孜拉吾东·加拉力丁介绍，天山雪山融化流出山口后，会流经吐鲁番盆地的砂砾质土壤，大部分渗入地下形成地下潜流。日积月累，使得地下水含水层逐渐加厚，水储量巨大。

从天山脚下到艾丁湖畔，水平距离仅60千米，高差竟有1400多米。吐鲁番先民利用地面的坡度巧妙地创造了坎儿井，在地下顺着山势开挖暗渠，引地下潜流灌溉农田。

作为一种结构巧妙的独特灌溉系统，坎儿井由竖井、暗渠、明渠和涝坝



图为8月30日，游客在位于新疆吐鲁番市的交河驿·坎儿井源景区参观拍照。  
新华社记者 张瑜摄

(小型蓄水池)四部分组成。吐鲁番坎儿井的地下暗渠全长可达5000公里，再加上上千万的竖井、明渠等，工程量巨大。

“现在我们打井都有专业的钻井队，古代可没有现代化的设备，他们徒手加上简单工具，硬是凿出了一条地下运河。”孜拉吾东·加拉力丁说。

在吐鲁番盆地广袤的戈壁滩上，人们可以看见一堆一堆的圆土包，它们顺着高坡有序排列并伸向绿洲，这些就是坎儿井的竖井口。

竖井是开挖或清理坎儿井暗渠时运送地下泥沙或淤泥的通道，也是送气通风口。一般井深因地势和地下水位高低不同而有深有浅，越靠近源头竖井

就越深。坎儿井在上游地区的一些竖井深度可以达到90米。

竖井与竖井之间的距离，随坎儿井的长度而有所不同，一般每隔20米到70米就有一口竖井。一条坎儿井，竖井少则几十个，多则上百个。竖井之间由地下暗渠相连。

吐鲁番学研究院专家李刚介绍，为了避免开挖过程中“跑偏”方向，古人还根据两点成线的原理，发明了木棍定向法和油灯定向法。

挖掘暗渠时，在竖井的中线上挂上一盏油灯，掏挖者背对油灯，始终掏挖自己的影子，这样不同的作业点就可以保持一致不偏离方向了。这便是油灯定向法。

李刚认为，由于坎儿井是在地下暗渠输水，不受季节、风沙影响，蒸发量小，流量稳定，可以常年自流灌溉，非常适合盆地的自然环境，充分体现了古人“因地制宜”发展农业的创造性智慧。

### 滋润良田10万亩

“随着人口和经济的发展，吐鲁番的地下水开采量逐渐增大，造成部分坎儿井干涸断流。”孜拉吾东·加拉力丁说。

2009年，吐鲁番坎儿井抢救性保护加固工程拉开帷幕，当地开始实行掏挖清淤、卵石涵洞加固、安装井盖等保护工作。经过多年持续不断实施保护工程，最大程度保存了坎儿井的基本形态，延续了坎儿井的灌溉等功能，最大限度遏制了坎儿井的消失。

目前，吐鲁番坎儿井数量有1200多条，其中近190条坎儿井仍保持水流，暗渠总长超过3400公里，年径流量高达1.14亿立方米，滋润着近10万亩的良田。

在吐鲁番市国家4A级旅游景区坎儿井乐园，游客乘坐电梯深入地下60米，一条波光荡漾、宽逾一米的暗渠呈现在眼前。大家“打卡”拍照，享受着坎儿井工程带来的独有清凉。

“以前，坎儿井仅仅作为水利工程，现在，坎儿井的保护正在不断融入生活，融入时代。”吐鲁番市文化和旅游局党组书记、副局长安金强表示，近年来，吐鲁番市持续利用坎儿井资源，加快打造集文化体验、休闲度假、民族歌舞、餐饮住宿、观光购物于一体的旅游景区综合体，坎儿井逐步成为促进吐鲁番经济、文化、艺术发展的有效载体。

177项，遍布亚洲、欧洲、非洲、北美洲和大洋洲五大洲的20个国家。

中国灌溉工程的建设发展伴随和支撑着中华文明的历史发展。特有的自然气候条件，使灌溉成为中国农业经济发展的基础支撑，历史上我国出现了数量众多、类型多样、区域特色鲜明的灌溉工程，许多至今仍发挥着功能。中国的世界灌溉工程遗产几乎涵盖了灌溉工程的所有类型，是灌溉工程遗产类型最丰富、分布最广泛、灌溉效益最突出的国家。

某些空白，并为从各个方面研究恐龙及其与其他脊椎类动物的关系提供了非常好的样本。”

广西桂林喀斯特是大陆型塔状岩溶(峰林)的典型代表，是华南地区岩溶演化末期的地貌展现。它位于外源水盆地中，其地质背景塑造了独特的岩溶发育，使其成为开展岩溶过程及其环境影响研究的代表区域。“桂林模式”展现了峰林和峰丛岩溶形态的共存和相互作用，具有国际科学意义。

据了解，2022年10月，国际地科联在西班牙公布了全球第一批100个地质遗产地名录，浙江长兴“金钉子”地质剖面等7个中国地质遗迹入选。同时，国际地科联决定，今后每两年公布一批地质遗产地名录。至此，我国已有10个地质遗产地入选世界地质遗产地名录。

纯度从95%提升到99.99995%以上，并保持产品质量稳定。同时，合理的联合工艺路径还使产品在生产成本上具有显著优势。

据悉，中国五矿集团拥有全球最大的鹤岗云山石墨矿，已建成年产20万吨石墨选矿和深加工产业链。在超高纯石墨产品的应用上，五矿石墨科研团队正在加快研发高端负极材料、核级石墨以及半导体用石墨等碳基材料产品。

潜心钻研，打破国外技术垄断，探索形成了一系列关键核心技术，成功解锁了石缝中的油和气。其中，黄土塬三维地震技术，突破巨厚黄土层的阻隔，给地下千米的储层做高精度“CT”，可以精确地发现油气，近年来新增油气探明储量占全国的1/3；水平井优快钻井技术，给钻头装上“导航”，让油气井打得快、打得准、打得好，创造了国内多项钻井施工纪录；体积压裂技术，在致密岩层中打通油气“渗流通道”，使单井产量提高了5倍多。

“依靠自主创新，我们在甘肃庆阳建成了国内首个200万吨页岩油规模效益开发生产基地，长庆页岩油年产量占到国内总产量的60%以上。”长庆油田页岩油产能建设项目组副组长齐银说。

# 我国新添4处世界灌溉工程遗产

科技日报北京9月3日电(记者付丽丽)记者3日从水利部了解到，北京时间9月3日上午，在澳大利亚悉尼召开的国际灌排委员会第75届执行理事会上，2024年(第十一批)世界灌溉工程遗产名录公布，我国的新疆吐鲁番

坎儿井、徽州揭坝—婺源石碣(联合申报)、陕西汉阴凤堰梯田、重庆秀山巨丰堰4个工程申报成功。至此，中国的世界灌溉工程遗产已达38项。

世界灌溉工程遗产名录自2014年设立，旨在梳理世界灌溉文明发展脉络，促

进灌溉工程遗产保护，总结传统灌溉工程优秀的治水智慧，为可持续灌溉发展提供历史经验和启示。今年列入第十一批世界灌溉工程遗产名录的还有来自印度、伊朗、伊拉克、日本、南非、土耳其的14个项目。目前世界灌溉工程遗产总数已达

# 我国新增3个世界地质遗产地

科技日报南京9月3日电(记者张晖 实习生普景文)记者3日从中国科学院南京地质古生物研究所主办的新闻发布会上获悉，日前中国3家地质遗产地入选第二批国际地质学联合会100个地质遗产地名录，分别是《植物庞贝城——乌达二叠纪植物化石产地》(内蒙古)、《自贡大山铺恐龙化石群遗址》(四川)和《桂林喀斯特》(广西)。

地质遗产是忠实记录地球46亿年演化历史的不可再生珍贵资料，是地质学家进行科学研究的基地。发布会上，中国科学院南京地质古生物研究所所长王军、自贡恐龙博物馆馆长曾小芸、

中国地质调查局岩溶地质研究所副总工程师陈伟海等3家地质遗产地提案人分别介绍了各自地质遗产地的情况。

位于内蒙古自治区乌海市的乌达二叠纪植物化石产地是地史时期成煤森林的特异埋藏记录，也被称作“植物庞贝城”。该成煤森林在生长时被倾泻而下的火山灰保存在现今的内蒙古乌达煤田两个煤层之间。王军介绍，截至目前的研究，乌海“植物庞贝城”现已囊括了5项世界之最：最大面积的远古森林实践复原，最丰富的同期成煤植物群化石标本收藏，最古老的苏铁植物，最丰富的蕨类植物群落，最多的

化石植物整体重建因而为古生物演化生命树增添了最多的新物种。

四川自贡大山铺恐龙化石群遗址是最密集的中侏罗世恐龙化石遗址，也是高度多样化的脊椎类动物群。除身为蜀龙动物群的类型产地，许多基干类群，如真蜥脚类恐龙——李氏蜀龙、大鼻龙类——董氏大山铺龙、剑龙类——太白华阳龙等，都是各自类别的典型代表。遗址内还发现了一些独特的恐龙骨骼结构，如蜥脚类恐龙的尾锤，剑龙的肩棘等，对于推断恐龙的行为至关重要。曾小芸说：“大山铺恐龙化石遗址填补了恐龙进化史上的

# 纯度99.99995%以上石墨产品开发成功

科技日报北京9月3日电(记者刘园园)记者3日获悉，中国五矿集团所属五矿石墨科研团队攻克了石墨高纯纯化关键技术，成功开发出纯度达到99.99995%以上的超高纯石墨产品。这标志着我国超高纯石墨产品达到国际

领先水平。

超高纯石墨指含碳量达99.99%以上的石墨，具有自润滑性好、导电性好、耐腐蚀耐高温、化学稳定性优良等特点。

五矿石墨科研团队聚焦天然石墨

领域关键共性难题开展技术攻关，突破行业传统设计，联合业内领先装备制造企业自主研发连续式石墨纯化工艺及装备。团队通过物理化学提纯、低温高温连续提纯、超高真空提纯等多种技术组合的梯次提纯，将石墨

# 长庆油田累产油气当量突破10亿吨

科技日报北京9月3日电(记者操秀英)记者3日从中国石油获悉，我国最大油气田——中国石油长庆油田累计生产油气当量历史性突破10亿吨。10亿吨油气全部转化为原油当量，可以装满80个西湖。这是长庆油田继2020年建成6000万吨级特大气田之后取得的又一里程碑式成就。

据介绍，长庆油田所在的鄂尔多斯盆地，储藏着国际上典型的“三低”(低渗、低压、低丰度)油气资源，致密程度堪

比“磨刀石”，勘探开发之难世界罕见。开发建设50多年来，几代长庆石油人探索形成了独具特色的勘探开发技术系列，把“没有开采价值的边际油田”建成我国目前产量最高的大气田。

长庆油田勘探事业部总地质师张涛介绍，长庆油田从低渗透起步，突破特低渗、再战超低渗、解放致密气、攻坚页岩油，油气勘探开发不断向更深层系转移，目前已成功发现50个油气田，成为我国油气能源增储上产的重要增长极。

据介绍，近10年来，长庆油田加大油气勘探开发力度，推进页岩油、致密气等非常规油气资源规模化开发，全力保障油气安全稳定供应。该油田近10年生产油气当量6.3亿吨，相当于前44年生产总量的1.7倍。长庆油田把加快天然气上产作为重要使命，建成了国内首个年产500亿立方米规模大气区，天然气年产量约占总产量的1/4。

据了解，面对盆地“井井有油、井井不流”的窘境，长庆石油人数十年苦苦探索、

◎本报记者 雍黎

解放碑地下环道无缝导航、长江航道智慧航运、自动驾驶测试基地建设……这些场景的实现，其背后都有北斗系统的技术支撑。

9月3日，在北斗系统建设应用30年之际，空天信息产业国际生态大会在重庆开幕。围绕“规模应用生态赋能”，大会发布了北斗规模应用操作系统、大众北斗1米精准定位服务等系列成果，央地携手推动北斗规模应用先行先试。

### 吹响产业发展“冲锋号”

“时空智能可赋能万物互联，借力时空智能，能实现空天信息无所不在的‘快准灵’服务，创造多个万亿级新质生产力产业。”中国科学院院士、中国工程院院士李德仁表示，时空信息和人工智能、大数据、物联网等技术深度融合，已经呈现出彼此交融、相互促进的格局。

李德仁介绍，2020年，北斗导航定位系统已发射30颗卫星，实现全球覆盖。“北斗三号全球卫星导航系统，实现了我国卫星导航从‘0到1’的跨越。”

“这是一个新的开始。”李德仁提出，未来，我国可以在遥感监测、交通监控、商业运输等领域持续拓展应用空间，依托“北斗+高精度室内定位”可实现厘米级定位精度，“北斗+5G”可显著提升公共安全资源调配精准性，加速推动北斗规模化应用。

“当前，我国北斗规模化应用进入了市场化、产业化、国际化的新阶段，发展势头持续向好。”中国卫星导航定位协会会长于贤成建议，未来，北斗产业要持续加快基础设施建设，发挥时空数据的赋能作用，拓展北斗高精度定位在大众消费领域的应用场景，提升北斗应用普及程度。

为了更好地实现北斗产业发展，大会成立了国内首个由政府组建的空天信息产业专家委员会，首批委员由22位空天信息领域的科学家、企业家、投资专家组成。中国科学院院士郭华东代表重庆市空天信息产业专家委员会发布了《推动北斗规模应用和产业高质量发展倡议》，呼吁业界通过共建基础设施、多方协同攻关、共谋应用场景等5方面推动北斗规模应用和产业高质量发展。

### 强化标准引领和市场化推广

“中国时空推出的北斗1米精准定位服务，能有效解决打车时定位经常出现飘移、步行导航时难以快速确定方向、主辅路难以自动识别等百姓日常出行的痛点问题，且无须增加额外设备和成本。”中国卫星网络集团有限公司(以下简称“中国星网”)高级副总设计师王艳君介绍，今年年底他们将在重庆市开通大众北斗1米精准定位服务，2025年面向全国推广。大会上，北斗规模应用操作系统和基于操作系统的北斗1米精准定位服务两项成果的发布，为重庆市北斗规模应用先行先试行动拉开了序幕。同时，中国星网携手重庆联合发布创新推动北斗规模应用先行先试行动。双方携手建设的中国时空信息集团时空数据有限公司(筹)正式落地。

“空天产业的高质量发展，对于壮大战略性新兴产业、支撑新质生产力培育至关重要。”中国星网董事长张冬晨表示，当前，中国星网正在联合重庆市先行先试，强化标准引领和市场化推广，形成可复制、可推广的重庆经验，打造规模应用示范样板。此外，中国星网还将在重庆部署北斗规模应用操作系统、开展北斗规模应用产业创新能力建设。

近年来，重庆积极抢抓空天产业发展先机，打造了重庆数创园等北斗应用、卫星互联网特色园区，聚集了以中国星网应用公司、北斗智联、九州星耀、零壹火箭等为代表的上下游企业100余家。

会上，重庆市发展和改革委员会立足重庆超大城市规模、地理形态多样、产业门类齐全等特质，促进北斗与区域特色、产业基础深度融合，发布了16个空天信息大跨度综合应用场景。重庆市经济信息委揭晓了新一批空天信息重大科技攻关项目。到2027年，重庆力争打造千亿级的空天信息产业集群。

(科技日报重庆9月3日电)

# 空天遥感数据要素评估服务平台投运

科技日报北京9月3日电(记者陆成宽)记者从中国科学院空天信息创新研究院(以下简称“空天院”)获悉，由空天院遥感卫星应用国家工程研究中心牵头研制的空天遥感数据要素评估服务平台3日正式投入运行。该平台是我国首个集遥感数据要素、质量评价和价值评估为一体的空天数据要素综合性服务平台。

数据是价值创造的重要源泉，更是驱动经济运行的新生产要素。空天遥感数据具有空间覆盖广、时空连续的特点，日益成为经济高质量发展的重要因素。空天遥感数据要素评估服务平台是空天遥感数据要素流通基础底座，具有空天遥感数据资源汇聚、质量评价、价值评估、应用场景展现等功能。

该平台上线了一批经过质量评价的地基观测数据和卫星遥感数据要素产品。这些产品包括30种全球和区域卫星遥感产品，以及采用空天

院科研人员利用自主算法和国产卫星遥感数据研制而成的1公里分辨率覆盖全球、16米分辨率覆盖全国的遥感产品。

“我们将空天遥感数据要素和其质量评价、价值评估集成在一个平台，目的在于让用户可以通过平台实现空天遥感数据要素价值的初步判断，解决空天遥感数据来源及应用场景的多样性带来的质量评价标准不统一、价值评估不确定的问题。”空天院研究员闻建光说。

中国遥感应用协会定量遥感专委会主任、空天院研究员柳钦火表示，空天遥感数据是大数据资产化的重要组成部分，涵盖地基观测、塔基观测、无人机观测、航空遥感和卫星遥感等方面的数据。空天遥感产品质量评价是数据价值评估的基础，也是数据产品质量提升的依据。空天遥感数据要素评估服务平台的上线将有助于空天遥感数据共享共用，进一步释放空天遥感数据要素价值。

# 长四乙火箭发射遥感四十三号02组卫星

科技日报北京9月3日电(记者付毅飞)记者3日从中国航天科技集团获悉，当日9时22分，我国在西昌卫星发射中心使用长征四号乙运载火箭，成功将遥感四十三号02组卫星发射升空。卫星顺利进入预定轨道，发射任务获得圆满成功。

本次发射的遥感四十三号02组卫星由中国航天科技集团八院等抓总研制，主要用于开展低轨星座系统新技术试验。

长征四号乙运载火箭是由中国航天科技集团八院抓总研制的常温液体三级运载火箭，具备发射多种类型、不同轨道要求卫星的能力，其太阳同步轨道运载能力为2.5吨。

这是长征系列运载火箭第533次发射。