



## 煤矿灾害动力学与控制 国家重点实验室

# 这个擅长搞“地下工作”的实验室 常年与灾害较量

重庆日报记者 张亦筑

人们常说似水柔情,赋予水以温柔的形象,但在重庆大学煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室里,水却变成异常锋利的“刀”,能切开岩石、钢板、航空材料,削铁如泥。

在这里,有一群搞“地下工作”的科研人员,常年与灾害打交道,有时候甚至会“掘地三尺”一探究竟,只为把灾害扼杀在摇篮里,为我国煤炭和非常规天然气安全、高效、绿色开采提供理论与技术支撑。

这究竟是怎样一个实验室?近日,重庆日报记者走进重庆大学煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室进行了探访。

### 高压水射流精加工

一只精美的蝴蝶,竟然是用水切割出来的

位于重庆大学A区的煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室,在一栋上世纪七八十年代风格的老建筑内,从一楼大厅往左,记者第一个走进的是高压水射流精加工实验室。

这个实验室的“主角”,是一台高压水射流切割机。在它旁边的工作台上,还摆放着各种造型的金属件,一只精美的蝴蝶格外吸引眼球。

不可思议的是,这样一只蝴蝶,竟然是用水切割出来的。

“高压水射流切割又称作‘水刀’,是以水为介质,通过高压发生设备增压获得巨大能量,经过一定形状的喷嘴喷出的高速水流。”实验室工程师龙海洋说,人们常说水滴石穿,水滴力量很小,实现石穿是靠长时间的积累。但如何在有限的时间实现石穿?这就需要增大水的能量。高压水射流技术正是运用这样的原理,来实现以柔克刚、削铁如泥。

他介绍,根据压力不同,“水刀”可分为高压型和低压型,记者见到的这台高压水射流切割机,压力能达到200MPa(兆帕)以上。

这样的压力到底有多大?“1MPa(兆帕)的压力相当于10公斤的力量作用在指甲盖大小的物体上。”他解释道。

如何通过增压给水增加能量?他表示,这好比平时打针用的注射器,经过反复推拉,让药物在注入人体时的力量增大。水刀则是利用柱塞泵来达到类似的效果。

让“水刀”足够锋利,短时间内达到“水滴石穿”,乃至穿透钢板,除了增大压力,“刀头”还至关重要。

通过龙海洋拆开“刀头”展示,记者看到,“刀头”的正中,有个极小的孔,即是所谓的“喷嘴”。

“这个宝石喷嘴的直径只有0.35毫米,孔径小但作用大。”他说,好的“刀头”会形成一束收敛的高压水,作用力更大;反之,不好的“刀头”会让高压水发散开来,导致“水刀”的锋利度被削减。

在他的操作下,“水刀”运行起来。一束收敛的高压水从喷嘴急速喷射而出,从上往下垂直击打在水面上,立马激起巨大的水花。

龙海洋介绍,目前,高压水射流技术正越来越广泛地应用于煤炭、石油、新材料等领域。比如在煤炭领域,利用“水刀”人为造缝等,极大提高了煤层气开采



◀重庆大学煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室,周军平正对深部煤岩工程多功能物理模拟试验系统进行实验启动前的检查准备工作。

重庆日报 特约摄影 钟志兵

效率,减轻了煤矿瓦斯灾害发生的风险。

### 深部岩土工程多功能物理模拟试验系统

把真实试验场的地层环境“搬”到实验室

一楼另一间实验室里,拥有这个国家重点实验室“身价”最高的科研仪器设备——深部岩土工程多功能物理模拟试验系统。记者刚走进实验室,这个“庞然大物”就立马出现在眼前。

“这是我们自主研发的设备,价值约2000万元,也是目前世界上最大的深部岩土工程多功能物理模拟试验系统。”重庆大学周军平教授说。

该系统最核心的部分,是一个巨大的圆筒状装置,大约两三人高。特别之处还在于,它其实是外圆内方的结构,内部是1.2米×1.2米×2.06米的立体空间。

“之所以这样设计,是它能更真实地反映地层环境,就相当于把真实试验场的地层环境‘搬’到实验室再现还原出来。在试验场不易观测采集的参数,在实验室就更容易办到。”周军平介绍。

然而,这样设计也让设备的研制难度增大很多,其中气体的密封性就是最大的难点,设备必须保证严丝合缝,任何地方都不能漏气。从2011年立项到2016年完成验收,经过方案设计、建造组装到反复调试,该系统的研制足足花了5年时间。

我国资源开采正在向地球深部进军,但越往深部,地层环境就会越复杂。有了这套试验系统,就可以更好地在实验室还原深部地层资源开采环境,从而更有效地开展研究。

### 自主研发世界首台超临界CO<sub>2</sub>致裂驱替CH<sub>4</sub>实验装置

用二氧化碳代替水进行页岩气开采

在一楼一间不起眼的实验室,记者

见到了实验室自主研发的世界首台超临界CO<sub>2</sub>(二氧化碳)致裂驱替CH<sub>4</sub>(甲烷)实验装置。

“这个装置不仅节约水资源,在提高页岩气采收率的同时,还能实现二氧化碳的地下封存。”实验室主任卢义玉介绍,我国页岩气产区大多处于重点缺水地区,而开采主要采取水力压裂技术,耗水量巨大。另外,我国页岩气储层黏土含量高,黏土遇水产生水化膨胀,易伤害储层,导致储层改造效果差,页岩气采收率低。

针对这一问题,他带领团队联合国内相关单位在国际上提出“超临界二氧化碳强化非常规天然气高效开发与地质封存一体化”的学术构想,研发出超临界CO<sub>2</sub>致裂驱替CH<sub>4</sub>的实验装置。

“简单地说,就是将燃煤电厂等工业源中排放的二氧化碳捕捉起来,变换一种形态成为超临界二氧化碳,然后取水对页岩气储层进行压裂改造,从而实现页岩气开采。”他解释。

相比页岩气而言,页岩对二氧化碳吸附能力更强,即页岩对二氧化碳的“亲和力”更好,用超临界二氧化碳取代水后,页岩就能牢牢吸附更多二氧化碳,并让二氧化碳“挤占”页岩气的储存空间,“置换”出页岩气。这样既提高了页岩气的采收率,又把二氧化碳封存在了地下。

2017年,相关技术成果在延长石油延安国家级陆相页岩气示范区进行了首次超临界二氧化碳压裂现场试验,页岩气增产效果显著,单井日均产量提高了2.5倍,同时实现了二氧化碳的有效封存。

“我们研究发现,在特定的条件下,页岩层封存的二氧化碳的量,可以抵消甚至高于页岩气开采和利用全过程产生二氧化碳的量,相当于负排放。”卢义玉表示,未来,其对于我国实现碳中和将起到积极推动作用。

## 实验室名片

### 煤矿灾害动力学与控制 国家重点实验室

#### 历史基因

2011年获科技部批准建设,总面积约12000平方米,拥有大型仪器设备88台套,自主研发24台套,建成了最先进完备的煤矿灾害研究实验平台,达到国际领先水平。

#### 研究方向

主要从事煤矿灾害动力学、煤矿动力灾害智能预警与控制、煤矿环境灾害控制与生态动力学、煤系气安全绿色开发四个方向的研究。

#### 光荣业绩

在中国工程院院士鲜学福、李晓红的带领下,在煤与瓦斯突出机理及其控制理论与方法等方面建立了独特的理论体系,为我国煤炭、非常规天然气安全、高效、绿色开采提供理论与技术支持。

#### 人才队伍

汇聚了煤矿灾害领域国内外高层次人才,形成了150余人的研究队伍。近5年来,实验室承担各类科研项目549项,获国家科技进步奖一等奖1项、二等奖4项,省部级奖一等奖9项、行业奖一等奖5项,出版专著15部,授权专利229项,在国内外期刊上发表学术论文1283篇。