



▲8月21日拍摄的河北建滔20万吨/年碳捕集与综合利用装置。 河北日报记者 赵永辉摄

【阅读提示】

河北建滔能源发展有限公司,曾是一家实打实的传统煤化工企业,以焦化为主,公司延伸出甲醇、精苯、醋酸等多条产业链。

2020年4月底,响应去产能工作安排,一次性关停焦化和甲醇两条上游原料生产线的河北建滔,开始尝试转型。如今,以二氧化碳为发力点,河北建滔从“排碳买碳”到“捕碳吃碳”,通过发展CCUS产业,向新型绿色、低碳化工新材料企业变身。

通俗地讲,CCUS,即二氧化碳的捕集、利用与封存。自“双碳”目标提出,CCUS被视为中国碳中和技术体系中不可或缺的重要组成部分,其发展对于促进化石能源的高效利用、促进能源行业的转型具有重要意义。

在这一背景下,河北建滔的探索,便是一个具体而微的缩影。

# 从「排碳买碳」到「捕碳吃碳」

## 一家河北化工企业的「双碳」寻路记

河北日报记者 周聪聪

### 40天捕碳量“够40万棵树吸收一年”

8月16日中午,烈日当空,末伏的天气闷热难耐。行走在位于内丘县的河北建滔能源发展有限公司(以下简称“河北建滔”)厂区内,一根120米高的锅炉烟囱上,蓝天白云、青山绿水的喷涂彩绘,带给人视觉上的清凉。

这根烟囱,是厂区最高的建筑,也是为厂区提供核心热源的一台燃煤锅炉的烟气排放口,每小时约有12万立方米烟气从这里排出。但最近,借助“捕碳能手”,这根烟囱正变得越来越“绿”。

乘一辆电瓶车穿行在河北建滔厂区,只见管道纵横交错。在锅炉烟囱附近一套高达43米的碳捕集装置前,一辆吊车正在工人的指挥下,吊装一座塔形装置。

“现在安装的是多级水洗塔,是我们为碳捕集装置新增的一个子系统。”河北建滔总经理尹征介绍。

二氧化碳是该公司醋酸生产的重要原料,作为我省唯一一家规模化醋酸生产企业,河北建滔是华北地区二氧化碳需求量最大的工业企业,日用量约220吨。

今年4月,河北建滔燃煤烟气污染物深度治理协同碳捕集利用项目,成功入选河北省第二批二氧化碳捕集利用与封存试点项目名单。这套碳捕集装置,便是该项目的“主角”。

自2022年2月开工,截至目前,这套碳捕集装置已经进行了三次热态试运行。测试数据显示,装置的碳捕集率高达90%以上,二氧化碳气体纯度均大于99.8%,完全符合生产要求。

“试运行期间,我们厂区的二氧化碳外购量,由220吨/天降低为40吨/天。”尹征介绍,三次试运行的时间加起来大概40天,累计向醋酸生产系统供应了约7500吨二氧化碳。

掏出手机,尹征在计算器上输入了一串数字,禁不住感叹:“以一棵树每年吸收二氧化碳18.3公斤计算,仅仅40天,这套装置的捕碳量,差不多够40万棵树吸收一年。”

根据项目设计,这套碳捕集装置正式投入使用后,二氧化碳的年捕集量能达到20万吨。这些回收的二氧化碳总量,相当于近万亩森林一年的二氧化碳吸收总量。此外,每年还能减少4000辆重卡往返四五百公里为厂区运送二氧化碳的能耗。

碳捕集,一个很多人感到陌生的概念。事实上,自“双碳”目标提出后,二氧化碳的捕集、利用与封存,即CCUS技术,正在我国经济社会领域掀起新一轮的系统性变革。

二氧化碳只有先被成功捕获,才能进一步进行封存或利用,作为CCUS技术发展的基础和前提,碳捕集技术也成为国内顶尖科研机构关注的前沿领域。“河北建滔这个碳捕集项目是清华大学环境学院‘大气污染物与温室气体协同控制国家工程研究中心’示范工程,CCUS,“碳捕集、利用与封存”的英文首字母缩写,指的是将二氧化碳从工业、能源生产等排放源或空气中捕集分离,并加以利用或输送到适宜的场地封存,最终实现二氧化碳的减排。

今年7月,中国21世纪议程管理中心、全球碳捕集与封存研究院、清华大学共同发布《中国碳捕集利用与封存年度报告(2023)》。该报告显示,CCUS技术可以实现化石能源大规模可持续低碳利用,帮助构建低碳工业体系,同时与生物质或空气源结合可具有负排放效应,是中国碳中和技术体系中不可或缺的重要组成部分。二氧化碳只有先被成功捕获,才能

一直在多位院士的指导下和清华大学环境学院教授专家团队的技术支持下进行的。”站在亲自参与设计研发的碳捕集装置下,北京国环清华环境工程设计研究院大气所所长苏航的语气里满是自豪。

据了解,北京国环清华环境工程设计研究院,隶属于清华大学,是清华大学唯一从事环境工程设计的专业设计单位。从2022年2月项目开工至今,一年多来,苏航绝大多数时间都是在河北建滔度过的。

苏航介绍,目前国内工业企业燃煤锅炉烟气的碳捕集装置,几乎全部移植自化工领域的早期化工气体净化装置,类似电动汽车早期使用的都是汽油车的车架,但河北建滔上马的这套碳捕集装置,则是清华大学科研团队针对工业锅炉烟气常压、高温、二氧化碳浓度低、多组分等特点,定制研发的“烟气碳捕集”高适用型技术及工艺系统装备。

现场发现问题——反馈给清华大学研究团队——现场调试改装,再发现问题、再反馈、再调试……

苏航说,在他的心目中,这套装置,就像是一架用来试飞的新型战斗机,“任何一款新研制的战斗机都要经过大量的试飞、调整,才能飞出极限值,我们现在要做的,就是‘飞’出烟气碳捕集装置的极限值和全部应用数据。”

采用化学吸收、解吸法作为基本工艺,首次使用相变吸收剂,烟气中二氧化碳的捕集率可达到90%以上,同时协同处理烟气中多种污染物达到近零排放目标……

历经一年多的实验研究和反复调试,苏航他们的这架“战斗机”正在渐渐接近它的极限值和成熟定型目标。

“目前,我们调整的主要是水平衡,把取纯水的装置加上。再把原来的相变装置改造得更高效稳定,以适合未来的全负荷需求。还要再加一个烟气多级水洗装置,让烟气再清洁一些。”苏航说,“这几项做完,几乎就可以大规模工业化复制了。”

### “现在一个月挣600万元,比原来挣一个亿都开心”

“上马这套碳捕集装置,大概投了多少钱?”

面对记者的提问,尹征短暂思考后,伸出了两根手指,“大概两个亿吧”。

在很多人看来,两个亿的投资,对于一个年产值30多亿元的企业算不了什么。

但事实上,由于近两年醋酸价格波动明显,河北建滔的营收也受到冲击,由最高点的每月利润1亿多元,到如今只有600多万元。“除了给员工工资,几乎一分钱也不敢乱花。”尹征说。

因CCUS与化石燃料关系紧密,目前传统能源企业基于“洗绿”需要,普遍对CCUS表现出很高的积极性。在我省公布的累计13家二氧化碳捕集利用与封存试点单位名单中,记者发现,河北建滔是为数不多的下游化工企业之一。

而这也不免令人好奇,在近两年市场压力这么大的情况下,河北建滔为何

要不惜重金投资碳捕集项目呢?

8月16日,河北建滔主管生产的副总经理赵兵海,将记者引到了一个厂区沙盘前。

电源开关一打开,眼前的沙盘上出现了一圈红色灯带,一期、二期焦化和甲醇生产线的区域,全部被包围在里边,足足占据沙盘总面积的二分之一。

赵兵海介绍,这片红色亮灯区域,是河北建滔响应省市去产能工作安排,于2020年4月底一次性关停的两条生产线。

“它们的关停,对我们来说已经远不止是‘壮士断腕’了。”

赵兵海解释,自2003年建厂,河北建滔经过多年发展,逐步形成了以焦化、甲醇、精苯、醋酸为一体化的典型循环经济产业链,“公司用煤生产焦炭,回收焦炉煤气生产甲醇和粗苯,粗苯与甲醇生产过程中产生的尾气氢气供应苯加氢生产线生产纯苯,通过回收焦炉烟道气中的二氧化碳与焦炭、氧气制备一氧化碳,一氧化碳与甲醇供应醋酸生产线生成醋酸。”

焦炭和甲醇这两条上游生产线关停后,下游生产线的原料供应全没了。公司勉力维持40万吨的醋酸生产线和5万吨的苯加氢生产线,几乎所有原材料都需要外购,生产成本大幅增加。

若想活下来,必须找到新的发展支点。

没想到,在两条生产线关停5个月后,国家明确提出“双碳”目标。

“自2009年醋酸装置投用,二氧化碳一直是我们的主要原料。国家‘双碳’目标提出后,我们开始意识到,应该瞄准‘讲好二氧化碳的故事’做点事儿。”建滔集团执行董事何燕生介绍,自2015年起,河北建滔便成立了院士工作站,调整思路后,他第一时间与相关院士沟通,探讨如何利用现有的生产装置,围绕二氧化碳进行补链、强链。

就这样,二氧化碳,成为公司重启征程的发力点。

置身河北建滔厂区,不时能看到运送液态二氧化碳的重型卡车驶来。为了维持醋酸生产线生产,厂区目前平均每天要迎来12辆这样的卡车,外购约220吨液态二氧化碳。

“现在,外购二氧化碳的价格是450元/吨,据试运行测算,我们自己捕集二氧化碳的成本约227元/吨。还能省掉把液体二氧化碳加热成气态产生的用电和蒸汽成本。”

河北建滔副总经理崔学军说,碳捕集不仅能使每吨二氧化碳的成本降低一半,还能提升企业的抗风险能力。

“我们每天要用掉200多吨二氧化碳,日常的储存能力最多只有800吨,一天不来货就急死了。”崔学军说,每到大节假日,公司高层便习惯性焦虑,因为届时“危险品运输车辆不允许上高速”。

“醋酸是一种基础性原料,大家生产的都是同质化产品,要想在竞争中获胜,就要在保证质量的前提下,拼命降低成本。”尹征介绍,前两年,醋酸价格最高时每吨近9000元,但今年上半年,醋酸价格一跌再跌,最低时每吨只有2500元。

随着醋酸价格的剧烈波动,记者注意到,醋酸行业市场整体不景气,有的企业预计2023年亏损将达到9位数。

“猪站在风口上都能飞,水落下去才能看到谁在裸泳。原来的每月挣一个亿,是市场给的机会,今年上半年我们盈利3000余万元,与前两年市场好的时候加紧科技创新,努力节能降耗密不可分。”尹征介绍,2021年以来,河北建滔持续加大科技创新投入,累计投入研发资金超4.4亿元,取得专利26项,并通过了高新技术企业认定。

“现在一个月挣600万元,比原来挣一个亿都开心。”更令尹征满怀信心的是,一旦碳捕集装置正式投用,河北建滔的竞争优势还将进一步扩大。

### 2亿元“链”出7条下游生产线

8月21日早上上班,手拿一张红底黄字的A4纸,河北建滔项目管理人员张鹏飞快步来到位于厂区东南角的一处施工现场。

这里,是河北建滔的新项目——碳捕集与综合利用年产80万吨醋酸项目现场。在一块大展板前,张鹏飞小心翼翼地指着展板上展示的试运行倒计时天数由“407”改为“406”。

作为一位在河北建滔工作14年的老员工,这里曾是让他熟悉的一期焦炭项目所在地,“地还是原来的地,现在却变成‘吃碳’的主战场。”

2023年,立足20万吨/年碳捕集与综合利用项目,建滔集团新增投资23亿元,建设80万吨/年的醋酸生产装置。

崔学军介绍,该项目建成后,厂区每年消耗二氧化碳总量可达35万吨,不仅能够解决厂区自身捕集20万吨二氧化碳的利用问题,余下的15万吨还可以让周边企业捕集的二氧化碳有用武之地。

捕碳、用碳无缝衔接,河北建滔摸索出一条新的碳循环之路。“河北建滔做CCUS是可遇不可求的,和很多碳捕集企业不一样,建滔是先有应用场景,再有碳捕集。既有‘CC’,又有‘US’,在全国屈指可数。”

苏航介绍,捕碳之后,如何用碳,目前是一个国际难题。

“我国的CCUS技术虽然起步较晚,但我国结合自身国情,在国外CCS,即‘碳捕集与封存’的基础上增加了‘U’的概念,即对二氧化碳资源化利用的相关表述。”苏航介绍,在国外,企业碳捕集后,一般都是诉诸封存,之所以没有‘U’,原因就在于没有广阔的利用场景。

“与CCS相比,‘U’的加入意义重大。”苏航认为,放眼全球,中国的产业结构是最全面的,这样的产业基础,能够为CCUS提供丰富的利用场景。

但理论上可以,并不代表实践上的一路坦途。

这个困境,同时也直观地反映在二氧化碳的市场价格上。

“近几年来,一吨二氧化碳的价格一直徘徊在350元—450元,从没有出现过高峰。”尹征解释说,二氧化碳的捕集、压缩、运输等都需要成本。目前河北建滔厂区所用的二氧化碳主要来自河南新乡、山西长治等地的上游企业,单程运输里程约200公里。

“把二氧化碳压缩成液体,用多少度电?再用专门的车辆运过来,又得多大成本?卖这个价格哪有什么利润可言?”作为买家,尹征都禁不住为卖家操心。

作为华北地区二氧化碳需求量最大的工业企业,河北建滔甚至对区域内二氧化碳市场拥有了定价权,“一旦我们停产检修一个月,每吨二氧化碳的价格又要跌100元。”之所以出现这种局面,尹征认为,根源就在于当下的二氧化碳利用场景太少。

也因此,行业内专家认为,CCUS只是实现碳中和的一种保障,尚不成熟的技术和薄弱的经济性使其无法大规模推广。

但围绕二氧化碳,河北建滔却有做不完的文章。

站在厂区沙盘前,何燕生向记者透露,虽然目前厂区空着六七百亩地,但都早已“名花有主”。

“除了已经正式开工的年产80万吨醋酸项目,我们的年产20万吨醋酸制丙烯酸正在办理前期手续,年产21.9万吨苯酚项目、13.5万吨丙酮项目、18万吨双酚A项目已完成省级备案,年产40万吨醋酸乙烯项目和年产30万吨EVA项目也都在筹备中。”

满是拗口的化学名词,满是不同的数字和项目进度,何燕生介绍起来一气呵成,“投资碳捕集装置花了两个亿,撬动的却是七条、预计年产值超200亿的下游生产线,这笔钱花得值。”

待这些醋酸下游生产线投产,河北建滔的二氧化碳使用量将进一步增长,能够进一步解决周边企业乃至邢台地区的碳捕集后的利用问题,助力实现邢台区域内碳中和的目标。

不仅如此,接下来,河北建滔还将根据厂区现有资源,大力发展太阳能、风能等绿电以及生物质制氢。

“这样产生的氢是‘绿氢’,能够与我们通过碳捕集回收的‘绿碳’,制成绿色甲醇。”何燕生介绍,绿色甲醇的价格约为传统煤制甲醇的2倍。不仅价格高,在目前的航运脱碳替代燃料竞赛中,航运对绿色甲醇的需求持续增长。

向着醋酸下游和绿色甲醇的上游,河北建滔的二氧化碳故事,将精彩不断。站在沙盘前,望着曾经“壮士断腕”的大片红色区域,何燕生说:“我们有信心再建一个更绿色、更高质量的河北建滔。”



拍摄于8月16日的河北建滔厂区沙盘。 河北日报记者 周聪聪摄



8月21日,施工人员在河北建滔碳捕集与综合利用年产80万吨醋酸项目现场施工。 河北日报记者 赵永辉摄

相关

## CCUS:减碳新“风口”

进一步进行封存或利用,是CCUS技术发展的基础和前提。相关资料显示,二氧化碳捕集技术兴起于20世纪20年代,主要用来分离甲烷中的二氧化碳,以提高天然气纯度。

到20世纪80年代,科学家提出将二氧化碳封存于天然气层、咸水层等地质结构的设想。2005年政府间气候变化专门委员会(IPCC)、2009年欧盟相继提出并定义了碳捕集封存(CCS)的概念:将二

氧化碳从工业或相关能源产业的排放源中分离出来,输送并封存在地质构造中,以实现二氧化碳与大气长期隔绝。

CCUS在CCS基础上增加了碳利用过程,延展了碳产业链条,更具有商业价值。

在碳达峰碳中和目标下,我国CCUS各环节技术发展迅速,示范项目规模不断扩大,CCUS技术应用的行业和部门持续增加。《中国碳捕集利用与封存年度报告

(2023)》显示,我国发布了70余项CCUS相关的政策文件,涉及规划、路线图、技术目录等,在CCUS技术研发、标准和融资等方面做出了积极部署。据不完全统计,当前我国规划和运行CCUS示范项目总数接近百个,涵盖电力、油气、化工、水泥、钢铁等多个行业。其中超过半数的项目建成投产,具备二氧化碳捕集能力超过400万吨/年,注入能力超过200万吨/年。

伴随着CCUS技术应用场景的不断拓展,我省的CCUS新技术、新项目正在加速涌现。截至目前,全省共有13家单位入选河北省二氧化碳捕集利用与封存试点名单。 文/河北日报记者 周聪聪