

寓火于冰： 人造可燃冰或成天然气储运新方式

本报记者 唐婷

有句俗语叫“冰火不相容”。北京化工大学化学工程学院教授张建文团队,正在开展的一项研究则是寓火于冰——研制人造可燃冰。近日,在项目中验收会上,张建文介绍了该项研究的进展。

人造可燃冰是一种天然气水合物。天然气水合物是由天然气中的气体分子在一定温度和压力条件下,与游离水结合形成的结晶笼状固体。

从防治“冰堵”得灵感

研制可燃冰并非张建文团队的初衷。最早摆到他们面前要攻克的科研难题是“冰堵”。

近年来,西气东输管道二线、大一沈管道(大连—沈阳)等天然气管道均发生过冰堵问题,给管道的正常生产造成较大的影响。发生冰堵的原因是管道内部有液态或气态的水存在,温度较低时结冰堵塞管道,造成泄漏或停输事故。

“水在结冰的过程中,会把天然气里的甲烷等气体包在冰里面,形成可燃冰。要想防冰堵,首先要了解管道内天然气水合物形成的机理,由此衍生出一个新的研究方向,根据这一原理来制造可燃冰。”张建文说道。

依据天然气水合物形成的条件,北京化工大学研究团队从热力学、动力学角度进行了数值模拟,为反应器设计提供了理论依据,并进而提出了液相连续、气相分散的可燃冰制备流程,目前已经申请了多项专利。

在该专利技术中,高压天然气经一组喷嘴喷入反应器底部的低温、高压水流中,形成微细的

新型天然气储运方式

人造可燃冰和自然界形成的天然可燃冰一样吗?张建文介绍,二者在结构上是一样的。天然可燃冰的形成往往需要以万年计的时间,能源密度也较低。以青海冻土地带水合物为例,每立方米的含气量只有四五十立方米。

相比之下,人工制备的可燃冰具有形成时间短、含气密度高的特点。人造可燃冰的制备过程中,只需要10多分钟的时间便可生成可燃冰,能源密度也比较高,每立方米含有160立方米以上

的天然气。

快速制备而成的人造可燃冰,运输起来也很方便。在张建文看来,人造可燃冰有望成为一种新的天然气储运方式。将天然气存储在可燃冰里运输,既不需要高压,也不需要超低温。在常压、-5℃条件下以固态存在的人造可燃冰,用普通冷藏车就可以方便、安全地运输,极大地降低了天然气运输的成本。

管道输送是天然气输送的主要方式之一,但

气泡并与水发生反应。反应生成的水合物与过量的水形成流动浆料,排入中间罐进行气—液分离。浆料自动浓集后,经过滤除去水分。最后进行造粒,形成适应不同用途的水合物颗粒。

制备而成的可燃冰并非人们想象中的冰块。张建文向科技日报记者展示的图片显示,一白色塑料桶内盛有的乳白色膏状固体物质便是可燃冰,与其说是冰,不如用“冰淇淋”来形容更准确。该物质一经点火,便可以燃烧。

张建文介绍,目前已完成规模中试,建立了具有自主知识产权的成套天然气水合物制备技术,工艺、设备均拥有自主知识产权,形成了完整的研发—设计—制造队伍,还开发了相应的工艺软件包。

“美国能源部报告称,制备出的天然气水合物,如果1立方米中含有120立方米的天然气,该项技术即具有经济价值。采用我们的技术,制备出的天然气水合物的含气量可达到每立方米含160立方米以上的天然气。”张建文表示。



成本高昂,每公里管道的建设成本约为1000万元。此外,从油气藏的分布来看,我国天然气田大多地理位置偏僻,地形复杂,而众多边际气田、海上气田、煤层气和页岩气等非常规天然气的总资源量也相当高,管道输送难以全面覆盖。

“采用人造可燃冰技术,可大幅度节省天然气管线修建的费用,在管线修建受限的区域,能起到很好的替代作用。”张建文认为。

提高油气资源利用率

统计数据显示,2016年,我国天然气消费量2058亿立方米,产量约1371亿立方米,进口量721亿立方米。到2020年,天然气消费量预计将达到3500亿立方米,届时缺口将达到近1200亿立方米。

与缺口并存的是,一些油气资源的闲置和浪费。张建文指出,我国许多油田都有大量的伴生凝析气,受储运经济性的限制,通常的处理方式是将其送高架火炬塔燃烧掉。“与其白白烧掉,不如运用可燃冰制备、储运技术,促进资源有效利用”。

大量的低产能井是可燃冰制备技术的应用目标之一。中国有上千口产能下降的气井,难以

用传统的管道输送、液化方式进行开采利用,如果能应用可燃冰制备技术,其所带来的经济效益和能源效益都很巨大。对此,张建文算了一笔账,以单井可回收天然气1000万立方米/年计算,上千口低产能井可利用的天然气能源资源相当于西气东输一期管线120亿立方米的年输气量。

煤炭价格的走低和煤炭资源的逐渐枯竭,使得一些产煤大省有着迫切的产业转型需求。“我们目前正在和山西省展开合作,建议当地把一些废弃煤矿转为可燃冰的储气库,将煤层气制备为可燃冰,发展可燃冰制备产业,当地原先的煤矿工人也随之转变为可燃冰产业工人,帮助当地实现经济结构的转型调整。”张建文说道。

■ 聚焦

北京正负电子对撞机的安全卫士 ——专访中国极早期火灾智能预警技术专家秦科雁

本报记者 李建荣



在北京正负电子对撞机实验室改造施工现场

今年1月9日,在北京举行的国家科学技术奖励大会上,《北京正负电子对撞机重大改造工程》荣获国家科技进步一等奖,在人民大会堂受到党和国家领导人的隆重表彰。记者日前采访了承担北京正负电子对撞机重大改造工程火灾自动报警系统的秦科雁,谈起参与工程研制攻关和技术保障的12年历程,这位“70后”消防技术专家仍难掩内心的激动,“能在最好的年华参与国家重点工程建设,为中国在聚物理领域保持国际领先水平贡献自己的智慧,是我这辈子最荣耀的事情。”

用人工智能技术破解强辐射环境消防难题

北京正负电子对撞机(BEPC)坐落在中国科学院高能物理研究所院内。它是世界上八大高能加速器之一,也是我国第一台高能物理研究的重大科技基础设施。随着技术进步和快速迭代,为了继续保持中国在世界高能物理领域的领先地位,国家决定对BEPC进行改造。2004年,北京正负电子对撞机重大改造工程

(BEPCⅡ)正式上线。

改造工程启动伊始,火灾报警系统漏报、误报等问题频发,探测器经常被高能电子流和强电磁辐射击坏,给北京正负电子对撞机的正常运行造成了极大的影响。BEPC中大量电缆、电器、电子和电磁设备等都极易发生火灾。这些具有世界先进水平的大型科学实验装置造价昂贵,火灾会让国家巨额投资付之一炬,造成不可估量的损失。因此,BEPCⅡ工程指挥部要求防护组尽快找到新的、适合BEPCⅡ的火灾探测报警解决方案。

受领任务时,秦科雁颇为踌躇,“2004年,我正好研发出了高灵敏度的烟雾探测报警系统,已经在中国科技大学国家同步辐射实验室里应用了2年,它的应用环境与高能物理所的强辐射环境类似。”。但是要得到BEPCⅡ工程牵头单位——中国科学院高能物理所的认可,获得国家级重点工程的“入场券”,绝非易事。

“为了把握成功,我多次到高能物理所BEPCⅡ现场做调研和产品测试,通过实测和不断改进,优化解决方案,以满足最严苛的消防考核标准。”2005年是秦科

雁刻骨铭心的一年,他创立的科雁方舟智能控制技术(北京)公司刚刚运营,虽然之前承担过十多个消防工程项目,但重要性都不能与BEPCⅡ同日而语。

秦科雁一边夜以继日地开展BEPCⅡ极早期火灾报警技术(AHSASD)的研制攻关,一边到现场进行各种环境下消防参数的调查摸底。BEPCⅡ占地总面积达57500平方米,由电子注入器、直线加速器、储存环、谱仪、同步辐射区、中央控制室等5部分组成。而自动火灾报警设备分布在BEPCⅡ直线加速器、储存环、储存环变电站、谱仪大厅、12和13号同步辐射厅、磁铁电源厅等13个地方,所处环境非常复杂。秦科雁与技术助理在BEPCⅡ的隧道等处做试验,有时一做就是一整天。

经过一年多对BEPCⅡ的研究、实测和改进,秦科雁终于研发出了适合BEPCⅡ工程,可以与当时的国际先进水平媲美的空气采样式极早期火灾预警系统。运用光学神经网络识别技术和前馈神经网络数据处理技术,让烟雾探测报警器通过统计、分析和识别进行自我学习,自我调整合适的灵敏度,消除了原来系统各种“狼来了”式的误报。他的探测报警器灵敏度,比传统火灾探测器高出1000多倍,由于采用PVC管对强电磁辐射区域进行取样,探测器可以安装在无辐射区域,可以说是为BEPCⅡ这样的环境度身定制的技术方案。

2006年是BEPCⅡ工程建设的决战之年,BEPCⅡ火灾自动报警系统改造只能成功,不能失败。因为有扎实的工程实践和实测数据,经过激烈的答辩和数轮角逐,秦科雁的技术方案最终从全国几十位竞争对手中脱颖而出,赢得BEPCⅡ火灾自动报警系统工程合同。

“从事BEPCⅡ火灾报警改造工程不仅仅是一项简单的工程履约,而是一项值得把自己的生命融入其中的伟大事业。在这个过程中,逼迫着你去追赶最前沿的技术,进行大胆的创新,与世界顶尖的同行们同台竞技。”

秦科雁把BEPCⅡ工程作为公司的头号工程,亲力亲为,配置最强资源予以保障。在他有力的指挥协调下,BEPCⅡ消防工程提前竣工并且一次高质量通过工程指挥部的测试验收。在2007年12月24日举行的火灾模拟测试中,工程验收组沿每根采样管不同取样点分别吹烟或熏烟,13台AHSASD极早期火灾预警设备在60秒内提前报警,圆满通过验收。

在BEPCⅡ改造过程中,AHSASD屡立功。谱仪控制室一台正在做实验的大功率设备过载烧坏,储存

环变电站配电柜电容老化失效,引起配电柜自燃,都立即引发AHSASD预警。直线加速器的电缆着火,AH-SASD提前3天就进行了预警,而实验人员第3天才看到烟雾和明火。每次火灾隐患,都被AHSASD系统提前30分钟乃至半个月成功准确地预警,第一时间将隐患消灭于萌芽状态。达到了消防的最高境界——防而不消。

辛苦付出后,各种荣誉也纷纷沓来。2008年,BEPCⅡ入选中国十大科技新闻进步奖。2009年BEPCⅡ通过国家验收,被评为“中国基础研究十大新闻”(首位)。2009年10月19日,中国科学院高能物理所举行BEPCⅡ参建单位感谢会,为给BEPCⅡ工程作出重要和突出贡献的单位颁奖。鉴于秦科雁对BEPCⅡ火灾自动报警系统的卓越贡献,彻底解决了困扰BEPC多年的消防探测报警系统难题,科雁方舟智能控制技术(北京)公司获得了“国家重大科技工程北京正负电子对撞机改造工程(BEPCⅡ)建设突出贡献奖”。

颁奖典礼之后,中国科学院高能物理所组织参建单位参观北京正负电子对撞机BEPCⅡ实验室,看到自己研制的极早期火灾预警设备上那跳动的信号,秦科雁感慨良多。

在BEPCⅡ工程验收后的7年时间里,带领团队继续承担BEPCⅡ消防系统的维护保养和完善任务。令人欣慰的是,他的消防设备和系统至今仍健康运行,对多起火灾隐患进行了早期预警,而设备从未大修或更换过,像安全卫士一样忠诚地守护着BEPCⅡ国家重大工程的稳定运行。

2016年12月,BEPCⅡ获得国家科学技术进步一等奖,秦科雁却因工作未能站在领奖台上,“作为参建BEPCⅡ工程的一员,12年的持续付出,只是为了提供一个最专业的消防解决方案。能够有机会承担具有挑战性的国家重大工程,把这一件事做到极致,这辈子就没有白活!”

把创新驱动融入消防技术的血脉

在兼职负责民品消防产品开发时,首次接触到消防技术,从此便一生与它结缘。之后,他先后在中美、中英合资消防企业担任过技术开发部经理和实体实验中心主任以及中国分公司的CEO。作为中国发明协会和中国消防协会的会员,他善于把自己的发明创造和消防技术有机结合起来,研发别具一格的新技术。2000年,秦科雁在《消防技术与产品信息》期刊上发表了《第五代消防探测报警技术革命》的论文,掀起了中国极早期火灾智能预警技术的浪潮。

经过十年消防领域的历练摔打,秦科雁选择了自己创业。“科雁即科学的大雁,是创新的代名词,方舟是安全的代名词,我希望能够像诺亚方舟一样,用创新和高新技术去保护人类财产和生命的安全。”

为了鼓励青年创业,北京中关村高科技产业园允许个人用技术入股出资创建高新技术企业。秦科雁抓住这一时机,通过自主知识产权的“极早期火灾智能烟雾预警系统技术”出资,成为公司的法定代表人、董事长兼总经理。

作为技术总监,秦科雁亲自抓公司的创新和知识产权开发,对于承担的中国国际展览中心新馆消防探测报警系统工程等40多个国家级、省部级和地市级火灾报警工程,每个项目,他都冲锋在技术和工程的最前线。

从BEPCⅡ工程中获得的启发让秦科雁产生了新的发明灵感。2009年10月,他提交了《一种使感烟探测报警系统能在碳化氢环境中使用的方法》,2012年获得国家知识产权局发明专利授权。目前,不少厂家正在与他洽谈技术转让和联合生产合作,由于拥有的多项消防发明和技术专利,使公司在竞争中展现出极强的优势。

秦科雁还特别注重消防技术的传播和品牌的影响力,参加多届中国国际消防设备技术交流展览,应邀作技术报告。每届展览会,都是一次消防科技的国际盛宴,从来自美国、德国、俄罗斯、法国等发达国家的先进消防展品中,秦科雁快速汲取养分,为站在巨人肩上技术创新积累经验。

如何研发国际领先的消防探测报警技术?秦科雁已勾勒出清晰的蓝图,并把目光投向了更广阔的国际国内应用空间。他告诉记者,随着“互联网+”、颠覆性技术与人工智能的蓬勃发展,他正在努力实现火灾智能预警技术与互联网的深度融合,开发更先进、更可靠并且可以远程管理和预警的升级版“极早期火灾智能预警系统”,为中国火灾预警技术开辟出一条崭新的道路。