



杨春和： 敢向地下要空间的“能源卫士”

□李思辉 段金利

20多年来,中国工程院院士、中国科学院武汉岩土力学研究所研究员杨春和始终专注于做一件事——开展盐穴储气研究,向地下要空间。

“为什么要到地下盐穴储气,不可以直接在地面上建库存储吗?”每每遇到类似提问,杨春和总是耐心细致地进行科普:“我国油气进口依赖度高,一旦遭遇自然灾害,或者遇到不确定因素,可能造成供应中断,因此能源储备至关重要。地下油气储备具有规模大、安全性高、经济性等优势,如果有足够的盐穴储气库,一旦上游供应中断,还可以利用储气库保障安全。”

何谓盐穴储气?杨春和介绍,通俗地讲,盐穴储气就是利用盐矿开采后留下的空腔,或者在地下盐岩中溶出一口巨大的“天然溶洞”,将天然气储存其中。盐穴储气具有储量大、成本低、密封好、使用寿命长等优点,还能节省地面土地资源,它的运营费用仅相当于地上建库的1/3左右。作为一种重要能源储备方式,美国早在上个世纪就开始相关探索,上世纪70年代,地下盐穴天然气储备已占美国全部储

备量的30%。
1999年,获得美国内华达大学地质工程博士学位后,杨春和回到祖国,决心投身盐岩地下油气储备工程研究。“向地下要空间,储存天然气。”杨春和第一次提出这个想法时,业界一片哗然,反对声不绝于耳。

据中国岩石力学与工程学会秘书长杨晓杰介绍,当时反对的声音很多,一方面是因为缺乏经验,毕竟在此之前,中国在这方面的建设几乎为零,很多人认为这是“异想天开”;另一方面也与我国极其复杂的地质结构有关。我国盐层属于层状结构,盐层厚度小、不溶夹层多,地质条件的复杂程度超乎想象,欧、美、日等发达经济体的专家们遇到类似地质条件,大多直接放弃建库。国内专家反对声很大,主要是担心发生泄漏、坍塌甚至爆炸等重大安全事故。

面对质疑,杨春和没有过多辩解,也没有把精力放在写论文、发文章等理论论证上。一向崇尚务实的他很快带着设备、行李,带领团队深入湖北、江西、江苏等多个省份开展现场调查去了。



杨春和(左二)和同事一起工作

中国科学院武汉岩土力学研究所长薛强说,那些年,为了摸清我国盐矿地质家底,江苏金坛、湖北潜江、河南平顶山……幅员辽阔的中国版图上,几乎所有能用于储油气的盐岩地下空间所在地区,都留下了杨春和的足迹。

能干成;外国人认为不好办的事,中国人付出更多心血和智慧未必不能干成!”在杨春和团队的科学研究基础上,中国盐穴储气库建设开始实质性起步。

“岩土工程学科领域的一切理论成果都必须应用到工程技术中才有价值,否则就是一种浪费。”在杨春和看来,理论创新必须切实服务国家重大需求、服务工程应用才有价值,也只有通过实际应用才能检验理论的科学性。因此他希望尽快建成中国第一座盐穴储气库。

2003年,我国西气东输工程需要建设配套储气库,杨春和团队的理论创新终于有了应用机会。杨春和提出第一座盐穴储气库选址在江苏金坛,利用金坛盐矿开采后留下的溶腔建库,可节约建设成本1.25亿元,这极具操作性的专业意见获得有关部门、单位的支持。2007年,江苏金坛储气库正式投产注气,成为我国乃至亚洲首座地下盐穴储气库。

江苏省常州市金坛区直溪镇的地下千米深处埋藏着一座巨大的地下“天然气仓库”。截至今年1月19日,这座“中国盐穴储气第



一库”累计采气量突破50亿立方米,按照江苏省发展改革委的统计测算,这个采气量可满足长三角地区1600万户家庭调峰期的燃气需求。而这背后,凝聚着杨春和的大量心血。

2014年,杨春和身患重症。手术后不久,他就坚持回到科研一线。

2015年,金坛储气库发现微渗层,出现气体漏失问题。事关重大,杨春和坐不住了,他不顾尚未完全恢复的身体,临危受命,开始技术攻关。

反复分析研判问题后,他和团队提出一种全新技术——利用盐岩重结晶对储气库进行封堵,并迅速开展金坛储气库关键微渗层的重结晶课题研究。最终,微渗层封堵难题被成功解决。

国之所需,科学家之所向。“不仅要让盐穴储气库在中国实现落地生根,还要四面开花结果。”20多年来,杨春和团队陆续参与了近10座盐穴储气库建设的技术攻关,为中国的西气东输一线、二线,以及川气东送工程提供了重要保障。

现在,杨春和每天都早早到办公室,继续“向地下要空间”。他说,我国储气库“从0到1”已经完成,未来能源供应安全的攻关重点是“地层储油、储氢、储氮,多场景、多元素综合应用”。

近些年,面对包括全国五一劳动奖章、全国创新争先奖等诸多荣誉,杨春和总是保持着那份由内而外的从容。

每每问起科研路上的艰难,他总是大手一挥,淡然一笑:“没觉得有什么,搞岩土力学研究是我的工作,一个人一辈子努力把自己的工作做好就是了,没什么特别的。”

(据《中国科学报》)

丹巴碉楼大渡河畔的「金字塔」

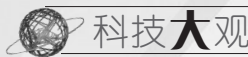
□胡永胜

式民居大院前停了车,一位大姐热心地指引我们进村寻访碉楼。村里家家柴门紧闭,茂密的梨树静静地舒展着浓荫笼罩着村里的崎岖小路,树丛中时不时会传来几声小鸟婉转的鸣啾,让本就宁静的寨子越发安静了。边走边问正在疑惑之时,就见前面闪出一片天空,两座纤细笔直的碉楼高耸入云,在蓝天白云的映衬下更显得巍峨壮观,它们千年不倒,经风沐雨,傲立在大渡河两岸的悬崖峭壁间,守护着美丽的家乡。

征得这户主人藏族大姐的同意,登上她家的房顶,整个大渡河两岸尽收眼底:大渡河东岸从莫洛村向上依次是左比村、八棱村、纳衣村等,河的对岸分别是泽公村、呷拉村、普角等,每个村都高低不等,巍然屹立于若千座碉楼,在山坡上绵延起伏。“梭坡”藏语意为“蒙古族”,据说古时曾经有大批蒙古人在此放牧,故而得名。莫洛村古称“博呷夷”,意为藏族碉寨子。这位藏家大姐因常有人来访,夫妇俩也做做民宿的生意,非常善于沟通。据她说,他们村子里原有二十余座高碉,现在只剩下七座了,而丹巴县最辉煌时全县曾经有3000多座古碉,经过时代变迁,现存560多座,其中梭坡乡就有近200座,占现存碉楼的三分之一,而他们这一带不到1平方公里的核心区域内,就有80多座,可以说梭坡乡是西部藏羌地区高碉分布最密集的乡村,堪称碉楼博物馆,因而有“千碉之乡”的美誉。20世纪初,当法国的斯廉艾先生沿着大渡河溯源而上,当梭坡藏寨山坡上一座座高耸林立的古碉群映入他的眼帘时,仿佛哥伦布发现美洲新大陆一样,惊呼“奇迹!这是东方新大陆!”这些深藏在大渡河谷的千年古碉也随着他拍摄的照片走向世界。

端正笔直的座座碉楼,高者十余丈,低的也有五六丈。棱角如刀锋,墙面十分平整,墙体用石块砌成,缝隙紧密,厚实而坚固,虽经长年累月风雨侵蚀,依然凌空屹立,丝毫不减其顶天立地之雄浑大气。碉堡基础宽有丈余,一般为巨石砌成,碉身多为四方形,也有五角形、六角形、八角形的,最多的一个碉楼有十三只角,可见建筑师具有高超的设计能力和工艺水平。这古碉楼的每一个角,每一块石头,每一铲泥巴,都是藏族建筑前辈们用智慧和血汗所铸。

藏家大姐夫妇俩驻守着祖传的碉楼,对它们十分有感情。千百年来,嘉陵藏族的先民们在这独特的地理环境筑起了座座碉楼,夫妇俩说起来也是头头是道,丹巴县地处川西甘孜州东部的邛崃山脉西部,大渡河自北向南纵贯全境,境内峰峦叠嶂峡谷幽深,从古今就是北上阿坝、西通拉萨、南达云贵、东进成都的咽喉要道。“依山居止,垒石为屋,高者至十余丈。”《后汉书·西南夷传》有这样的记载,由此可见碉楼建筑可追溯到秦汉时期,至今已有两千年的历史了。碉楼,汉代开始在羌族地区发展盛行,在南北朝时期,丹巴就已经碉楼林立。到五代以后,碉楼建筑技术已经成熟,现存碉楼至迟为清乾隆皇帝平定大小金川时所建。一个多部落的民族长期生存繁衍于此,遍布于丹巴境内的古碉便是这里世代民族历史发展的见证。



发展量子通信为何要上天?

□李绍宇

“夫事以密成,语以泄败。”从古时候贤君名臣的权争往事,到近现代大国之间的纵横捭阖,在信息传递过程中,泄密一直是人们广泛关注的一个问题。

如果一种通信方式能够实现快速、稳定、无损耗,那么虎培不会败走法萨卢斯,马谡也不会失街亭,历史上无数由信息传递失误导致的事件都将得以避免。

古人不幸今人幸。可能成功解决问题的手段,既非鸿雁传书,也非鱼传尺素,而是一个看似神秘的概念——量子通信。

6月25日至27日,世界互联网大会数字文明尼山对话在山东举办。成果展上,于2022年发射升空的“济南一号”量子微纳卫星吸引了众多目光。随着量子通信在应用领域越走越远,我们不禁开始构想:量子通信将带领人类走向怎样的未来?量子卫星在其中扮演着怎样的角色?

量子通信窃听难

作为量子通信的基础概念之一,量子在近年来的各种科幻作品中出镜率很高,但想要精确地定义它并不容易。

中国科学院量子信息与量子科技创新研究院教授级高级工程师廖胜凯介绍,量子是现代物理的重要概念,即一个物理量如果存在最小的不可分割的基元单位,则这个物理量是量子化的,最小单位被称为量子。

“量子的概念由德国物理学家普朗克提出,最早被用于解释黑体辐射这种能量现象。”廖胜凯表示,“后续的实验表明,诸如角动量、电荷、能量等其他物理量也具有不连续变化的量子化现象,超出牛顿经典力学理论框架的量子力学也就随之产生。”

廖胜凯介绍,相比于牛顿经典力学,量子力学具有如下特征:不确定性、测量坍缩性和不可克隆性。这三大特征也成了量子通信能够实现的理论基础。

量子通信的研究内容之一就是量子密钥分发。“基于计算复杂性的传统加密技术,在原理上存在着被破译的可能性,其破译的困难程度只取决于计算力的强大与否。随着数学和计算能力的不断提升,经典密码被破译的可能性与日俱增。”廖胜凯说,“而与经典通信不同,量子密钥分发的安全性基于物理学基本原理,与计算复杂度无关。通过量子态的传输,在遥远两地的用户共享安

全的密钥,利用该密钥对信息不进行一密一密的严格加密,这是目前人类唯一已知的不可窃听、不可破译的原理上无条件安全的通信方式。”

量子通信的另一重要内容是量子隐形传态。量子隐形传态利用量子纠缠,可以将粒子的未知量子态精确传送到遥远地点,而不用传送粒子本身。量子隐形传态是构建分布式量子信息处理网络和量子计算机的基本要素。

采用卫星传信息

“工欲善其事,必先利其器。”无线电通信等传统通信方式要求基站等有关设备的支持,量子通信作为一种先进的通信手段,自然也离不开诸多先进的设备。既然量子通信通常采用单光子作为信息传递的载体,人们不禁想到,直接连接一条光纤是否足以满足远距离量子通信的需要呢?

答案显然是否定的。损耗问题成了光纤法不可行的结论所在。“量子具有不可克隆原理,因此单光子量子信息不能像经典通信那样被放大。一旦传输距离较远,损耗问题就会变得极其严重。”廖胜凯指出,“根据数据测算,通过1200公里的光纤,即使有每秒百亿发射率的单光子源和完美的探测器,也需要数百万年才能传输一个比特的密码,这显然是完全不现实的。”

1200公里的光纤或许尚可制造,但每秒百亿发射率的单

光子源以及完美的探测器都不是目前技术等现实条件所能企及的,更何况人们也不可能等待数百年来传输信息。科学家们被迫寻找其他解决问题的方向。

既然地面走不通,上天就成了一个可能的选择。“利用外太空几乎真空、光信号损耗非常小的特点,通过卫星的辅助可以大大扩展量子通信的距离。”廖胜凯表示,“此外,由于卫星具有方便覆盖整个地球的独特优势,使用卫星进行量子通信是全球尺度上实现超远距离实用化量子通信最有希望的途径之一。”

廖胜凯介绍,按照轨道的高度划分,量子卫星可以分为低轨卫星(2000公里以下)、中轨卫星(2000—20000公里)和高轨卫星(20000公里以上)三种。“这些卫星上搭载了一些量子通信的器件,可以完成量子通信的某些任务,因此被称为量子卫星。”廖胜凯说。

量子卫星同样可以按照重量划分,分为小卫星(100—500kg)、微卫星(10—100kg)、纳卫星(1—10kg)、皮卫星(0.1—1kg)、飞卫星(10—100g)。“一般来说,卫星越小,发射成本越低,性价比也就越高。”廖胜凯说。

廖胜凯指出,量子卫星的一个重要作用是作为中继扩展量子通信的距离,从而实现远距离、高难度的通信。“用于量子通信的地面基站(即可信中继)一般需要数十公里就布设一个,成本高且维护不易。如果采用卫星传递信息,一切问题都将迎刃

而解。”廖胜凯说。

美好未来可期待

尽管量子卫星功能十分强大,但要想真正起到对广域量子通信的支撑性作用,仅仅依靠一颗量子卫星显然是不够的。需要更多的量子卫星团结协作,形成卫星组网。

廖胜凯介绍,通常来说,实现卫星组网有两类解决方案。一类是依靠大量的低轨卫星构成实时覆盖的网络。铱星计划、星链计划等均属于此类。“低轨卫星经过地面站的通信时间往往仅有数分钟,因此需要数百乃至数万颗卫星。”廖胜凯说。

另一类则主要靠中高轨卫星,如相对地面静止的地球同步轨道卫星。“地球同步轨道大约为36000千米高,也就是目前广播电视卫星、常规通信卫星所处的轨道。”廖胜凯表示,“一般来说,三颗地球同步轨道卫星即可完成全球覆盖。”

廖胜凯介绍,通常来说,低轨卫星轨道低、信号强、传输速率高,但是过境时间短,传输的信息量少;高轨卫星轨道高、信号弱、传输速率低,但是传输时间长,几乎可以全天时工作,传输的信息量大;中轨卫星则处在高轨卫星和低轨卫星之间,兼有两者的特点。

“具体采用哪种形式的卫星,应根据需要选择。在一个采用卫星建立的量子网络中,往往需要综合利用三种类型的卫星。”廖胜凯表示。在量子卫星的加持下,量子通信已经取得了极大的进步。但在廖胜凯看来,想要真正实现大规模的应用,需要在政策与技术两方面继续努力。

从技术上看,量子通信还应该朝着提高码率、提升距离、降低成本等方面发展。“目前量子通信的成熟产品成码率还较低,通常仅能达到数千比特每秒(kbps)的水平,需要和对称密码算法结合使用,实现大数据率加密保护;另一方面,成熟产品的成本较高,不利于大规模推广应用。”廖胜凯介绍。

从政策上看,作为密码技术中密钥分发或者密钥协商的一种方式,量子通信需要满足密码应用的合规性,形成行业标准,之后才能广泛应用推广。“虽然通过近十年的努力,国内外初步形成和发布了一些标准,但还需加大支持力度,形成完备的体系并完善测评认证能力,才能支持规模化应用。”廖胜凯说。

尽管面临一些挑战,但量子通信所能带来的未来无疑是极其令人向往的。“设想一下,在未来每个人的隐私都能得到有效保护,千万里无损传信也会易如反掌。”廖胜凯表示,“我始终相信,量子通信将带领人类走向一个更加美好的未来!”

(据《科技日报》,有删节)