



成果播报

高压线上的这场“手术”无人察觉

◎ 实习记者 都 芃

4月13日,北京市海淀区西北旺永丰地区,一场特殊的“手术”正在高空上演。

来自国网北京市电力公司的带电作业人员正在一条10千伏高压线路旁架设临时线路,并将原有线路负荷转移至临时线路,整个过程如同一场“搭桥手术”。这种带电作业方法被称为旁路作业法,能够在不影响正常供电的情况下对线路进行综合检修。

配电网作为上连电网主网架,下接千家万户的“毛细血管”,是庞大电网的“最后一公里”。配网带电作业是以不中断用户供电为目的,通过作业人员或工具进入带电区域,以带电作业、旁路作业等方法对配电网设备进行检修的作业方式。与常规检修作业方式相比,带电作业能够提供更加安全舒适的用电体验和更加稳定可靠的电力保障,整个过程中用户“零感知”,察觉不到任何电力变化。此次在西北旺永丰地区开展的带电检修作业是北京地区迄今开展的规模最大、采用先进技术最多的配网带电综合检修作业。

在检修地区的16号杆塔,作业人员手中紧握一根1.8米长的绝缘操作杆,犹如精准操作的“手术刀”,娴熟地进行着带负荷加装柱上断路器工作。这是由国网北京市电力公司自主研发的绝缘杆作业法。相较于传统的绝缘手套法,该方法可以增加作业人员与带电体的距离,进一步保障作业人员安全,并且由于省去前期绝缘遮蔽工作,还可显著缩短作业时间,已在国内进行推广应用。“绝缘杆作业法有诸多优势,但是对作业人员的技能水平要求也比较高,需要大量艰苦训练。其操作难度不亚于用一米多长的筷子去夹一个苹果。”国网北京电力检修公司带电作业中心高级检修师闫文君介绍道。

不仅有新方法,还有新装备。配网带电作业机器人一亮相就吸引了不少目光。此次检修现场应用了两台带电作业机器人,分别开展带电加装地线环和带电恢复绝缘工作。随着技术的迭代升级,带电作业机器人还搭载有人工智能技术,能够实现自主扫描成像,进而完成高空作业的定位、剥线、安装、紧固等复杂动作,实现作业全过程的“一键操作”,有效提高带电作业的效率和安全性。此外,检修现场还应用了被形象称为“蜘蛛车”的履带式自行式绝缘作业平台。该平台外形尺寸小巧,能够广泛应用于道路狭窄、地形复杂等常规绝缘斗臂车无法到达的作业现场,大大提高检修作业便利性。

截至目前,国网北京市电力公司共有配网带电作业人员185人,各类带电作业特种装备107台套,可完整开展全部四类33项配网带电作业项目。到2022年底,北京城市供电可靠率已达到99.997%。五年来,全市年户均停电时间减少2.93小时,年均多供电4000余万度,城市核心区、经开区供电可靠率已跻身世界一流。

2023年,国网北京市电力公司将进一步提升配网带电作业能力水平,力争实现全时段、全区域、全类型能力提升。计划到2025年,北京地区配网年带电作业次数增加150%,全市年户均停电时间再减少0.12小时。



4月13日,国网北京电力带电作业人员正在海淀区西北旺永丰地区进行配网带电综合检修作业。 王洋摄

测量“城市呼吸”,助力“双碳”目标

◎ 法伊莎 刘宇萱 本报记者 颜满斌

“城市和人一样也会‘呼吸’,吸入氧气并呼出二氧化碳。”中国科学院院士、兰州大学西部生态安全省部共建协同创新中心主任黄建平在接受记者采访时说,“以往我们更多关注污染物和二氧化碳的排放,理所当然地认为氧气含量足够,但现在越来越多的证据表明,氧气已被过量消耗,这会给人类的生命健康带来巨大威胁。”

近日,黄建平团队在《环境科学与技术》杂志发表了题为《工业重镇氧气观测揭示“城市呼吸”》的封面文章,在国际上率先开展“城市呼吸”研究,从观测的角度提供了城市氧气浓度下降的有力证据,开拓了氧循环城市健康效应研究的新领域。

国内首个高精度观测平台

作为地球上几乎所有生物生存的必需品,氧气是大气中最关键的气体成分之一。

人口众多且密集的城市地区仅占全球土地的2%,却居住着全球56%以上的人口,并消耗了全球70%的化石燃料。近几十年来,随着越来越多的人涌入城市,城市地区在适应和减缓气候变化方面面临严峻挑战。现有观测资料表明,过去30年中,大气中二氧化碳占比快速上升,氧气下降的速度是二氧化碳上升速度的两倍左右。

针对这一现象,研究人员选取了兰州市进行实地测量。兰州市地处中国西北部半干旱地区,作为甘肃省省会,其总人口超过440万,由于两山夹一河的独特地形,以及少风少雨的气候特点,大气扩散受到抑制,导致了流域内污染物的稳定积累。

“我们看到兰州市中心的地形十分独特,南北最窄处仅1公里左右。考虑到大量人口在如此狭窄的区域聚集,人类的呼吸过程势必会影响大气中的氧浓度,因此我们希望对这个问题进行深入探索。”论文第一作者、兰州大学大气科学学院2020级气候学专业博士研究生刘晓岳说。

基于上述考虑,黄建平团队提出了“城市呼吸”的新概念,用来衡量城市空气的健康状态。

目前,针对“城市呼吸”中二氧化碳、污染物、能源等要素的研究在国际上已经比较全面,但是针对氧气的研究几乎是空白状态。

“这主要有两个原因,一是没有意识到氧气减少的危害,现在越来越多的研究表明,氧气浓度降低与人体健康特别是心血管健康密切相关;二是氧气浓度实时观测对仪器精度要求很高,一般仪器无法测量。”黄建平介绍。

目前,国内外已有一些研究团队在全球设立了大气氧气定期观测站点,探究全球大气氧气浓度的长期趋势。这些观测通常使用密封瓶进行大气采样分析,密封瓶采样受实验条件的限制,数据的时空分辨率有限,因此还需对大气氧气进行连续观测来提高对大气传输和混合过程的认知。虽然近年已有一些站点开始连续观测,但是大多数氧气观测站点都设在人烟稀少、远离人类活动的区域。

在大的自然背景下探测微小的氧气变化相当具有挑战性。“大气中氧气变化信号以百万分之一计,这种探测犹如探讨一滴水对于整个海平面的影响,因此,对氧气监测分析仪器的精度和漂移有严格的要求。”团队负责技术的工程师王莉说。

2017年,黄建平团队在兰州大学城关校区一栋22层建筑的顶层建立了国内首个高精度大气氧气观测平台。空气采样的采气口正对着兰州市最繁忙的街道——天水路。这条路有双向10车道,毗邻火车站,路段交通发达,受人为活动影响比较显著。

氧气观测平台采用气相色谱热导检测器(GC-TCD)技术测定大气氧含量,该技术已经使用了20多年,可以较准确地量化大气氧气的变化。团队利用气相色谱仪直接测量的是氧氮比,这是因为大气中氮气的变化比氧气的变化小得多,可忽略不计,因此氧氮比的变化可以被认为是氧气造成的。

“在氧气观测平台建设初期,我们克服了一系列技术难题,包括仪器调试、定标以及后期数据处理,构建了适用于平台的大气氧观测数据的订正方法等。经过团队的不懈努力,我们的观测资料最终得到了国际同行的认可。”黄建平介绍。

定量估算氧气浓度变化

城市中居民呼吸和化石燃料燃烧是两个独立的过程,因此很难直接将上述两个过程的影响分别从大气氧气观测资料中分离出来。但值得注意的是,居民呼吸是不排放污染物的,而化石燃料在燃烧过程中不仅排放了二氧化

碳,同时也排放了包括氮氧化物、一氧化碳、二氧化硫在内的各类污染物。因此,在观测到的氧气浓度变化信号中,有一部分是和污染物相关的信号,指示着化石燃料燃烧消耗的氧气,另一部分和污染物无关的信号,则指示着居民呼吸过程消耗的氧气。将现有的氧气浓度和污染物浓度的观测资料进行对比,就可以从氧气浓度变化的信号中分离出化石燃料燃烧信号和居民呼吸信号。

黄建平团队将城市氧气浓度观测数据分为两组。在空气质量较好的情景中,大气扩散条件较好,工业、交通活动等消耗的氧气能够较快补充,兰州市氧气浓度整体较高。这种情景下人类呼吸占氧气亏损的33.08%,化石燃料燃烧占比66.92%。此外,大气传输模型也显示,扩散条件较好时,有利于工业区污染物团远距离传输至兰州市中心城区,因此排放二氧化硫、一氧化氮等污染物的过程对氧气的消耗占比有所上升。这种情景下,大气充分混合,各类耗氧过程对兰州氧气浓度的影响较为均衡,对人体健康影响较小。

在氧气浓度较低、污染严重的情境下,化石燃料燃烧对氧气的消耗占比升高到72.5%,居民呼吸对氧气损耗的占比降低。高精度的大气传输模型显示该情景下耗氧过程主要发生在中心城区,氮氧化物和PM1排放过程的耗氧量明显增加,对应机动车尾气排放过程消耗的氧气显著增加。

植物光合作用是氧气的主要来源,兰州市耗氧量是产氧量的500倍以上,其缺口主要来自周边植被的支援。这种情况不仅发生在兰州,全球人口超过100万的大城市中,有75%的大城市耗氧量和产氧量的比值超过100。

黄建平团队曾做过测算,如果化石燃料燃烧稳定在一定水平不下降,会维持持续的氧气浓度下降,26世纪将降至20.0%以下,并在29世纪初将降至19.5%,可能会对地球上部分生物的生存造成威胁。

下一步,团队希望对全世界大城市的“呼吸指数”进行估算,通过城市耗氧和产氧的具体数据呼吁国际社会关注氧浓度问题,进一步评估不同情景下城市氧气浓度变化带来的健康风险,为制订因地制宜的、与产业结构相协调的“双碳”路径提供科学依据。

“这是一个前瞻性的研究,更长远的来看,我们希望推动一个关于‘城市呼吸’的大科学计划,呼吁全世界更多的城市关注这个问题,因为它不仅是一个科学问题,也对每个城市、国家、地区的可持续发展都至关重要。”黄建平说。

柔软却坚强,可在1200°C环境中工作

柔性温度传感器实现高温测量新突破

◎ 陈 科

近年来,各大品牌的折叠屏手机、柔性可穿戴电子等智能设备层出不穷,成为行业热点。作为柔性电子设备的重要组成部分,柔性传感器用以测量温度,反映人体的各项指标。现有的柔性薄膜温度传感器受柔性衬底、敏感材料等限制,难以实现高温物理场的温度测量。因此,如何继承柔性薄膜传感器优势,实现柔性薄膜传感器在高温环境下的应用是一个值得关注的问题。

近日,来自微纳制造领域的一项最新研究成果,为柔性传感器突破高温应用瓶颈提供了新思路。西安交通大学机械工程学院精密工程研究所的刘兆钧博士、田边教授、蒋庄德院士及其合作团队首次制备出了具有良好温度敏感性的高温柔性温度传感器。相关成果发表于工程制造领域期刊《极端制造》。

传统柔性温度传感器难以实现高温无损监测

柔性传感器是指采用柔性材料制成的传感器,具有良好的柔韧性、延展性,甚至可自由弯曲、折叠,而且结构形式灵活多样,可根据测量条件的要求任意布置,能够非常方便地对复杂表面进行检测。

在可穿戴方面,柔性的电子产品适合“人体不是平面”的生理特性,因此更易于

测试皮肤的相关参数,其可将外界的受力或受热情况转换为电信号,传递给机器人的电脑进行信号处理,从而实时精准地监测出人体各项指标。

“柔性薄膜温度传感器能变形、易附着、轻薄等优点受到了研究人员的广泛关注。”田边说,“热电偶式传感器以结构简单、动态响应快、便于集中控制等优点脱颖而出。”

结合二者优势,热电偶式柔性薄膜温度传感器应运而生。“温度传感器主要由两部分组成,由两种不同材料制成的温度敏感层和柔性基板。温度敏感层常由金属以及金属化合物组成,柔性基板则选择已经商业化的聚二甲基硅氧烷、聚酰亚胺等高分子聚合物材料。”田边表示。

实际上,柔性传感器的优势使其能运用到多个领域当中,除了可穿戴设备,柔性传感器还在医疗电子、环境监测等领域显示出很好的应用前景。然而,现有的柔性薄膜温度传感器受柔性衬底、温度敏感材料等限制,难以在高温环境中工作,更无法实现功能化应用。“因为柔性基板的熔点通常低于400°C,在高温环境中发生碳化后会变脆、变硬,因此,很难在高温环境下使用现有的柔性温度传感器。这一点也限制了它们在航空航天、钢铁冶金和爆炸损伤检测等极端环境中的应用。”田边解释道。

“现有的高温温度测量手段受限于设备尺寸大、需要破坏结构、破坏气流量、受环境干扰等,难以实现对温度场的无损实时温度监测。”博士生刘兆钧补充道。因

此,如何继承柔性薄膜传感器的优势,实现柔性薄膜传感器在高温环境下的安装与应用是亟须解决的关键问题。

突破多项柔性温度传感器测量瓶颈

为了突破柔性温度传感器的温度测量瓶颈,田边教授团队创新性地选择了具有宽温域的铝硅氧凝胶作为温度传感器的柔性基板。由于柔性基板表面不均匀、粗糙度较大,难以通过传统的微纳制造工艺实现薄膜沉积与功能化,因此团队选用了丝网印刷技术制备厚膜以克服上述困难。

在制备传感器的实际操作中,田边、刘兆钧等人使用有机黏合剂混合功能粉末完成浆料配置,利用高温热处理的方法去除薄膜中的多余有机物,如环氧树脂、松油醇等。同时,团队还针对不同应用表面,基于柔性材料可变形、可共形的优势,实现了功能薄膜的特定曲面化制备。“就像球鞋设计者根据球星脚底的尺寸大小来定制码数一样,这种‘独家订制’能有效解决一些问题。”田边表示,这样制备好的柔性温度传感器能够贴附于不同曲率曲面,例如叶片等。同时,其也具有超薄、超轻等优点。这项研究首次实现柔性传感器在零下190°C至零上1200°C这一极广的温度范围内工作,测试灵敏度也达到了可观的226.7微伏每摄氏度(μV/°C)。这是现有所有柔性温度传感器难以实现的。扩大柔性传感器

的工作温域,为柔性传感器开拓了更广阔的应用领域,它在勘探排难、航空航天、钢铁冶金等领域将呈现出巨大的应用潜力。

在被问及新型柔性传感器何时能够实现实际应用时,蒋庄德表示:“我们团队的研究人员对制备的柔性温度传感器已经进行了多种实验室级测试与实际测试。其中,包括对航模发动机的尾喷温度进行实时监控,小型物理爆炸场爆炸瞬时温度测量以及对坩锅中金属熔化过程进行温度监测等。传感器在整个测试过程都表现出了优异的测温能力。”

在蒋庄德看来,科技发展的目标始终围绕造福人类。他指出:“我们根据柔性温度传感器极轻、极薄的特点,创新性地将其应用于智能穿戴设备,如传感器与环保透明面罩相结合设计出的智能口罩,实现对人体呼吸状态的实时监控,有望惠及长期旅居旅行者和慢性病患者。我们的科研成果可以给人们的生活带来便捷,这也让科研有了‘温度’。”

目前,柔性传感器许多技术仍停留在研究阶段,柔性传感器产业链整体能力亟待增强。就技术本身而言,传感器本身的稳定性、耐磨损性等还需要进一步提高。而从整个产业链的配套来说,柔性电路、柔性存储,以及软硬连接等环节也需要跟进步伐。在未来,团队也期望将制备的柔性温度传感器进一步优化,实现飞机表面、涡轮叶片等国之重器上的温度测量,为我国科技进步添砖加瓦。

矿山巡检不再难

智能机器人可代劳

◎ 本报记者 滕继濮 韩 荣

狭窄的空间、高温的环境,对于铁矿工人来说,过去每次对井下变电所的巡检都是一次煎熬。“过去一圈巡检下来,上衣都贴在身上,头发尖直往下滴水。而现在工作环境发生了巨变,我们坐在宽敞明亮的智慧管控中心,每天只要定时查看上传回来的巡检数据,工作就完成了。”4月中旬,鞍钢矿业眼前山铁矿员工向科技日报记者谈及工作环境的变化时,幸福溢于言表。

矿井下的综采工作面是矿山的第一生产现场,其作业空间狭小、机械装备多、视觉环境差、温度高,是矿井安全事故的多发地点。

对井下重点设备进行实时监控,及时处理隐患至关重要。当前,对井下电力设备的巡检通常采用人工和定点摄像头监视两种方式。其中,人工巡检从巡检频次、问题响应速度、数据分析深度到安全舒适性等方面均无法满足工况需求,固定摄像头的监测范围、综合效率也很难契合实际情况。

为解决巡检难题,中国恩菲工程技术有限公司(以下简称中国恩菲)在对眼前山铁矿实施智能化改造时,开发了全自主智能化巡检轨道式机器人。眼前山铁矿员工只需要在管控中心通过后台“智能管理系统”查看机器人的工作情况和相关数据,就可以有效确保供电设备安全可靠运行。

“这款轨道式机器人可以沿着导轨精准地走到每个机柜前,利用具有可见光摄像、红外热成像等观测功能的‘大眼睛’,对各类设备仪表数据和设备温度进行探测,有效保障了井下变电所的持续稳定供电,实现了变电所的无人值守。”中国恩菲智慧矿山改造团队负责人介绍,这款轨道式机器人还能感知周围环境及气体情况,可进行全方位、全天候的监控,并将所有数据传输到后台,若发现数据有异常,会实时向管控中心报警提醒。

据了解,智能巡检机器人每日设置了4次对配电室所有开关柜的例行巡检任务,每次巡检时间约2个小时。同时,机器人也可根据实际巡检对重点开关柜实施特殊巡检任务,可以大大减轻员工工作强度,提高巡检工作质量。