

破除迷雾现颜“铍” 方解银山是青山

■本报记者 韩天琪

2015 年,我国钢铁行业产生含锌粉尘 1500 万吨以上,可以在 2900 平方公里的土地覆盖 1 毫米厚的粉尘。为了处理钢铁烟尘尘渣和固体废盐,还青山本色,鑫联环保科技股份有限公司(以下简称鑫联环保)费尽了心思。

而对同处云南的贵研资源(易门)有限公司(以下简称贵研资源)来说,每年全国近千吨含银废催化剂同样价值巨大、利润丰厚。但传统硝酸浸出回收银工艺产生的氮氧化合物及硝酸盐废水处置费用,也给企业 and 环境造成了巨大的压力。

企业要投入资金承担环保责任,也要产生经济效益维持生存。如何将环保和效益结合起来实现可持续发展,科学和技术创新作为“第一生产力”应当发挥关键引领作用。

在中科院科技促进发展局和中科院昆明分院组织和支持下,中国科学院过程工程研究所研究员张绘主持的中科院 STS 项目“二次资源清洁综合利用产业化示范”在实践中间趟出了一条解决环保问题的新路,并于 2019 年 3 月底在云南顺利验收。

该项目开发了含银废弃物绿色提银新工艺,突破了传统提银必须消耗硝酸的“潜规则”,不产生氮氧化合物和废水、不消耗化学试剂、大幅度降低了生产成本,成为银二次资源利用行业清洁生产技术的先行者;实现了钢铁烟尘及含盐废水资源综合利用重大关键技术突破,首次查明了某些钢铁烟尘及含盐废水中含有高品位铍钼碘成分,提出了铍钼和碘的高效回收新工艺,以及铍钼碘富集原理,成为了钢铁烟尘行业含盐废水综合利用技术的开拓者。

勘破迷雾的收获

钢铁冶炼会产生大量含铅、锌的钢铁烟尘。处理这些钢铁烟尘并从中回收铅锌是可盈利的,但生产过程会产生大量含盐废水。张绘坦言,“到目前为止,含盐废水的处理是困扰全世界的难题。因为投入大收益低,严重入不敷出。”据张绘介绍,光蒸发装置就要投入 1000 万元以上。处理过程中,蒸发每吨含盐废水的直接成本就超过 200 元,一吨盐水平大概能析出半吨盐,只能作为最低等的工业盐,价值 40 元左右。“这是亏大了!”

在与鑫联环保合作的过程中,张绘团队最初提出的废水处理方案也是标准方案,“分离出含盐废水中的钾盐和硝酸盐,把纯度提高,希望提高售价”。企业认同中科院的技术成果和指标,但由于成本原因迟迟难以下定决心进行改造。

某次,张绘团队用 X 射线荧光光谱(XRF)分析鑫联环保送检的样品。检测结果出来后,张绘惊讶地发现送检样品中居然有近 20%的铍!这个不可思议的发现让张绘非常怀疑。为慎重起见,团队又以 ICP 方法重新进行准确分析和复核,最终确认是计算机自动判定造成的错误,没有发现铍的存在。

失之东隅,收之桑榆。张绘因此对该样品的 XRF 元素分析结果再次进行了全面审视,发现送检样品中含有接近 1%的稀有元素铍和铯。幸运的是,经过 ICP 分



▲ 钢铁烟尘废渣堆积

张绘供图

析验证,这一结果是正确的!更幸运的是,通过检查其他样品,发现均含有相当量此前被忽视的铍、铯,证实并非偶然现象。他们追根溯源后发现某些类型的钢铁烟尘中持续有铍、铯富集现象。

废弃物是放错了位置的资源,二次资源重新利用起来就是宝库。含盐废水及固体废盐中发现的铍、铯含量显著高于原生矿物的开采标准,同时也超过典型富铍、铯盐湖水的 10~100 倍。从经济和环保角度来说,从含盐废水中分离提纯铍和铯,比从矿石中提取的效率更高,成本更低,也更环保。

“铍化合物的价格超过 6000 元 / 公斤,铯化合物的价格可达 800 元 / 公斤。再加上其中同时发现的高含量溴和碘,一吨含盐废水的价值已经大大超过 1000 元。本来企业花 200 多元的成本处理废水,只能回收 40 元,现在发现这其中还有价值过千元的资源,不但不会亏损还能实现盈利。企业在处理废水时的积极性更高了。”张绘表示,鑫联环保以前每年都要投入大量资金来处理含盐废水,现在反过来一年还能实现相当的盈利,成为了新的利润增长点。

铍、铯化合物应用广泛,从标准计时和卫星导航用的原子钟,到合成氨和硫酸的助催化剂,再到军事上微光夜视仪使用的光电倍增管都少不了铍和铯。而我国 90%以上的铍盐生产依赖于国外进口的铍榴石。张绘团队首次在含盐废水中发现的新类型铍、铯资源,不仅具有生态效益、经济效益,对国家国防军工和基础化工催化试剂所必需的铍、铯资源安全供应也具有战略意义。

知识碰撞的火花

含银催化剂是现代石化行业重要的催化剂。传统方法回收其中的金属银通常

使用硝酸进行浸出,会产生大量有毒的氮氧化合物和硝酸盐废水,对环境的影响很大。很多人提出过不同方案,如过氧化氢辅助氧化、硫酸法、电解法等,但并没有从根本上解决污染的产生和排放问题。

“我对做实验的研究生说,既然做了这么多尾气吸收实验效果都不好,要不我们试试从源头解决问题,让溶解银的反应不再产生氮氧化合物?”这个大胆的想法,源自张绘多年前攻读研究生时期参加稀土提取项目对四价铈氧化能力的知识积累。

四价铈的氧化能力比硝酸强,而且价廉无毒。如果用硝酸高铈代替硝酸来氧化金属银,四价铈和零价银将变成三价铈和一价银。浸出过程只有电子的转移,没有酸的消耗,也不产生氮氧化合物等任何废气。再通过逆向的电解反应,可以在阴极直接获得金属银,而阳极实现四价铈氧化剂的再生。电解反应同样不消耗任何化学药剂,也不产生废水。这不但实现了浸出剂的再生循环,还缩短流程节约了成本。

“这样很可能实现真正清洁环保的绿色反应!”张绘设计的这一反应体系构建了只耗电不消耗试剂的清洁提银循环原始创新工艺雏形。然而,如何回收银的问题并没有完全解决:电解沉积金属银工艺的回收率太低了。

中间好几个月,张绘连在飞机上都在查资料、思考、安排各种实验方案,但都没有解决。做实验的研究生也逐渐变得沮丧。“直到有一次,我的领导齐涛研究员注意到了研究生情绪低落,特意找学生谈心鼓励。我们一起去实验室现场查看实验情况,出主意、想办法。”张绘说。

这次交流不但舒缓了学生的心理压力,齐涛的一个提问更直指被忽视的关键点,让他们发现了解决问题的线索。“我提出了理论推测和路线设计,齐涛判断方案

的可实现程度、提出技术实现方案,研究生在旁边根据实验现象作纠正和补充,我们迅速拿出了一套验证方案。最终这套方案被证明可行,金属银回收率的关键问题解决了!”

后来的全流程优化运行结果显示,清洁提银新技术不产生任何废气,几乎没有废水,不消耗化学试剂,氮氧化合物的问题从源头得到了彻底解决。含银催化剂 2 小时浸出率即可达 99.9%,电解再生效率达到 90%以上,生产的金属银纯度达到 99.999%以上,比传统银回收技术的纯度提高了一个数量级,成本却比传统硝酸法大幅度降低。技术已经申请 PCT 专利 2 项,中国发明专利 3 项(已授权 1 项),授权实用新型专利 1 项。环保效益有了,经济效益也有了。

该技术投向产业化之后效果非常不错,贵研资源目前正在用该技术逐步取代传统硝酸法。据贵研资源湿法车间主任张烽火介绍,目前已经使用该技术处理了 100 多吨银。“新技术还需要一段时间的运行,看看长期运行会不会出现什么问题,以及有哪些技术优化需求,中科院过程所也在持续给予技术支持。”目前除了贵研资源,中石化燕山分院也计划采取该技术处理回收的含银催化剂,小规模试运行已经达到了预期的优异效果。新技术的出现更吸引了英美等国外贵金属公司的跟踪关注。

环境效益、经济效益的双赢

传统治污思路聚焦于工业三废的无害化处理,环境影响是主要关注点。这种治理思路下有两种方式督促企业履行环保责任,一是通过严格监管和严厉罚则,二是政府提供环保补贴。无论哪种方式,若只有环境效益,没有经济效益,企业都没有内在动力坚持治污。

张绘团队提出的二次资源清洁综合利用典型思路是:不能只做简单的二次资源废弃物处理,还要挖掘处理过程中的有价值元素,开发新型处理技术,使企业处理过程中能够盈利。“环境效益固然要考虑,还必须考虑怎么把二次资源的价值充分发挥出来,把成本降下去。只有把二次资源处理变得真正能挣钱了,企业才会积极主动去解决环境问题。”

目前,含银废催化剂清洁利用新技术和含盐废水资源综合利用关键技术示范工程项目已实现年产值 4.2 亿元,利税近 3 千万元。清洁提银新技术 2018 年 9 月入选科技部为落实习近平总书记“一带一路”国际合作高峰论坛科技创新而倡议发起的“绿色银行”核心技术库。2018 年 11 月,在巴塞尔公约亚太区域中心主办的废物管理区域研讨会上,鑫联环保分享了包括含盐废水综合利用技术在内的固废危废资源化利用领域的成功经验,针对东南亚及南亚国家的固废危废的资源化利用提交了相关技术规范与处理标准草案。

未来,相关技术还将为我国及世界资源循环利用产业的绿色升级作出独特贡献。

■ 境界

北极冰芯讲述铅污染千年故事

铅污染向北极迁移的详细历史就记录在该地区的水层中。它表明,在银矿开采期间,铅污染达到峰值;而在瘟疫和饥荒期间,铅污染水平较低。

采矿和矿物燃料燃烧等工业活动给大自然注入了铅。最终,它会从那里飘到北极冰层上。美国内华达州里诺沙漠研究所的 Joseph McConnell 和团队从格陵兰岛和俄罗斯北极地区钻取了 13 个冰芯,它们是北极地区广泛铅污染的记录之一,其时间跨度覆盖公元前 200 年到公元 2010 年。相关成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

北极铅污染主要来自 19 世纪工业革命前的欧洲排放。令人惊讶的是,以冰芯为代表的北极大冰地区,铅污染时间变化惊人的相似,从中世纪早期(约公元

500 年)到上世纪 70 年代的工业高峰,铅污染增加了 250 至 300 倍。铅污染还出现了明显的数年至数十年的变化,其特点是随着新矿区的开发、技术的改进和经济的繁荣而增加;同时,随着气候变化、饥荒、重大战争和瘟疫而减少。

从中世纪早期到后期,铅银开采和冶炼导致的污染增加显著,特别是在北欧;而中世纪晚期到现代早期增长较慢。在第二次瘟疫大流行(1348 年至 1700 年)末期,铅污染在工业革命中急剧增加。自上世纪 70 年代以来,北美和欧洲的污染治理政策已将北极的铅污染减少了 80%,但最近的水平仍然比中世纪初期高出 60 倍。

(冯维维编译)
相关论文信息: <https://doi.org/10.1073/pnas.1904515116>



研究小组成员 Callie McConnell 收集了格陵兰岛的冰芯,这有助于绘制出从公元前 200 年至今的经济活动起伏曲线。

图片来源: Joe McConnell

科技为生态草原探路

■本报记者 秦志伟

呼伦贝尔草原上的牧户娜仁其木格期盼的雨终于来了,雨后的草原生机盎然,但娜仁其木格并没有开心起来。她的牧场位于呼伦贝尔草原核心腹地陈巴尔虎旗。近年来由于干旱、鼠害及过度放牧等,草原出现了不同程度的退化。这让她一度非常担忧,不过娜仁其木格现在有了新的期待。

在近日举行的首届中国·呼伦贝尔草原生态产业大会前夕,娜仁其木格家的牧场迎来了国家牧草产业技术体系首席科学家张英俊团队。会上,她又与中科院沈阳应用生态研究所研究员王正文签订了《技术服务合作协议》。

陈巴尔虎旗委书记赵达夫在会上表示,希望借助科技的力量,让牧民和草原使用者直接参与到生态保护和生态修复之中。本次会议由呼伦贝尔市主办、陈巴尔虎旗承办。

既要保护又要发展

美丽的呼伦贝尔草原是世界四大草原之一,也是世界著名的天然牧场。娜仁其木格家几代人都生活在这里,靠放牧为生。这片草原不仅滋养了勤劳善良的草原儿女,也凝结了自然和谐的草原文化,更在新时代新思想的引领下,孕育出了潜力巨大的草原生态产业。

地处呼伦贝尔草原核心区的陈巴尔虎旗,草原面积 1.58 万平方公里,占全旗土地面积的 85%,素有“天堂草原”“天鹅故乡”的美誉。

“生态是我们的底色,绿色是我们的本色。陈巴尔虎旗最大的价值在生态,最

大的责任在生态,最大的潜力也在生态。”赵达夫表示。但他也坦承,陈巴尔虎旗在推动经济转型升级的同时,遇到了生态脆弱、资源环境压力大、技术落后、产业链短、牧民增收困难等困惑。

这些困惑也是其他以牧业为主的旗县所共有的。生态保护与经济发展成了他们绕不开的话题,如何破题?

本届大会的主题是“生态优先、绿色发展”,来自政府、国内科研机构、企业、新型经营主体的 500 余名代表,围绕草原生态保护技术应用、传统草原畜牧产业升级、边远少数民族地区投融资模式创新、原住居民文化自信等话题展开深入交流研讨。

“利用轻度退化草原切根改良技术,打破土壤板结和土一板复式结构,改良当年牧草可增产 110%……”

“要强化草的作用,必须将饲料与饲草分开,向发展‘粮+经+饲+草’四元结构迈进……”

在中国畜牧业协会草业分会会长卢欣石的主持下,张英俊与中国农科院研究员王明利、内蒙古农业大学教授韩国栋等国内外学者作了精彩报告。

会议同期,还首次发布十大草原生态实用技术。“以政府购买服务的形式直接连接专家、技术人员与一线牧民签订技术指导服务协议,连续试验、推广和培训,让牧民和草原使用者直接参与生态保护和生态修复。”赵达夫说。

娜仁其木格就与王正文签订了《技术服务合作协议》。王正文告诉《中国科学报》,他的团队对娜仁其木格的草场主要提供生物多样性监测、评估、动态研究服务,以此为例筹建陈巴尔虎旗草原生态

多样性数据库,同时对草场工作人员进行技术培训。

把技术放在大平台上

在会上,赵达夫宣布,陈巴尔虎旗将以草原生态产业为主导,倾全旗之力,创建国家级现代草牧业示范区。为此,陈巴尔虎旗将布局绿色生态环境区、纯净食品加工园区、牧区规模基地和草原产业新区四大功能区。

显然,仅靠技术还无法实现这一目标,而这也是本次会议的目的之一。正如陈巴尔虎旗旗长特木日胡所说,本次大会首次将政府、企业、金融、科研、智囊机构、中介服务、牧民等相关利益方集中于大会平台,共同打造中国现代草牧业健康生态圈。

以草原产业新区为例,将打造集政策、技术、信息、金融、投资、公共品牌等高端要素于一体的综合服务平台。

另外,陈巴尔虎旗采取 PPP(政府和社会资本合作)模式,完善生态保护和产业孵化最急需的基础设施配套和公共服务,解决财政投资不足和债务规模限制的问题。

除此之外,陈巴尔虎旗还引入服务机构,围绕草原生态产业为主导产业设计、研发特色产品,委托专业机构精准招商,变泛泛的“点”式二代招商为“链”式全产业链招商,从而推动草原生态产业在该旗的集聚发展。

会议期间,北方中郡投资(北京)有限

生态文明建设上升为国家战略,纳入到中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局,使环境成为发展的有机组成部分。

于是,一方面加大生态建设和环境保护工作力度,全面清理长期积累起来的环境问题;另一方面积极推进经济转型升级,促进高质量发展,从源头上减轻经济活动给环境带来的危害。

当前,“绿水青山就是金山银山”的发展理念得到广泛实践,全国整体的生态环境明显改善,蓝天白云和鸟语花香已成为人们幸福生活的一部分。也就是说,长期以来生态态势持续恶化的态势得以扭转,持续向好的态势基本确立,我国初步走上了一条绿色可持续的发展道路。

中国的实践证明,经济发展与生态环境是可以兼容的,关键是要转变发展方式,提升发展质量。在传统的发展方式下,只考虑 GDP,经济增长与环境是脱节的,甚至是背离的,主要靠大规模的资源投入和环境负面积累换来的经济增长,必然会带来环境问题。这样的发展是低质量的发展。照这样的方式长期发展下去,地球的确会面临灾难。

按照中国人民初步探索出来的绿色发展道路,经济和环境是融合在一起的,发展涵盖环境,发展意味着环境质量在不断改善。这就是高质量的发展。高质量发展的驱动力是创新,主要靠人的智力投入来提升经济发展的质量和效率,使经济与环境共同发展。这样的发展,不仅不会给地球增加负荷,还能够促进地球走向更加光明的未来——人与自然共同繁荣。

绿色发展的核心是尊重自然,视地球为自己的家园。要想真正尊重自然,就必须转变认识,树立人类命运共同体理念。人类命运共同体同时也是人与自然的命运共同体,追求人与自然和谐共生。中国人民开辟的绿色发展道路,不仅为人类社会开启了一个新的时代,也为地球带来了光明前景。

(作者单位:中国社会科学院城市发展与环境研究所)



与会代表在娜仁其木格草场考察。

秦志伟摄

公司总经理钱瑞霞发布了中国草原产业集聚区十大产品,包括现代生态牧场、安全食品保护区、草原科技研发平台等,展示了草原生态产业的美好前景。

在大会的招商引资环节上,陈巴尔虎旗常务副旗长白曙光发布了重大招商项目。随后,陈巴尔虎旗分别与中国畜牧业协会草业分会、国家牧草产业技术体系签订了《技术支持合作意向书》,并与相关金融机构和入驻企业签订了《金融投资意向书》和《招商服务承诺书》。

对于陈巴尔虎旗来说,创建国家级现代草牧业示范区既是机遇又是挑战。“这是一个超级大项目,四大功能区需要融合协调发展。”赵达夫说。

赵达夫清楚地认识到,将蓝图变为现实,需要立足于苦干实干。他同时坚信,有技术工作者的专业支撑、行业机构的倾力相助、投资金融家的探索创新、广大牧民的积极参与,陈巴尔虎旗一定能走出一条生态优先、绿色发展的路子,为中国草牧业创造一个可复制、可推广的模式。