

有人这样说,多晶硅是“上帝赐给人类的宝石”。作为一种超高纯材料,多晶硅不仅是制造集成电路等半导体器件的关键基础材料,也是当今光伏发电产业快速发展的核心材料。

当前我国多晶硅产业仍处乍暖还寒时分,中国恩菲的多晶硅团队还奋斗在为重振行业而不懈努力的路上,他们深知任重道远,也坚信光伏产业拨云见日之时就在不远的未来。

“只要太阳不落下，恩菲的未来就会很光明”

——中国恩菲多晶硅产业发展回顾

文·刘梦飞

3月5日,国务院总理李克强在《政府工作报告》中指出,“要打好节能减排和污染治理攻坚战。”“能源生产和消费革命,关乎发展与民生。”“要大力发展风电、光伏发电、生物质能。要把节能环保产业打造成新兴的支柱产业。”

对于我国光伏产业来说,总理的报告无异于一针“强心剂”,为产业复苏点燃了希望;对于中冶集团子公司中国恩菲工程技术有限公司(以下简称“中国恩菲”)来说,这仿佛是对公司坚守新能源产业领域

突破：从首条技术装备“中国制造”多晶硅生产线开始

有人这样说,多晶硅是“上帝赐给人类的宝石”。其原因在于,多晶硅作为一种超高纯材料,不仅是制造集成电路等半导体器件的关键基础材料,也是当今光伏发电产业快速发展的核心材料,更是国家鼓励优先发展的战略材料,关乎全球化解能源危机的成败。

过去很长一段时间以来,我国多晶硅生产技术几乎全部依赖进口。一方面,我国虽然拥有丰富的硅矿资源,但却受制于美、日、德等国技术封锁和市场垄断;另一方面,国内缺乏先进的多晶硅生产技术,在多晶硅企业生产水平低、规模小、成本和单耗高、副产物难循环等问题而备受诟病,导致中国信息产业和新能源产业发展受制于人,举步维艰。

阻力重重,唯有迎难而上。自上世纪九十年代起,中国恩菲材料研发团队就以振兴民族产业为目标,聚焦多晶硅生产技术的研发和产业化:

1997年,中国恩菲以100吨多晶硅试验示范线为起点,凭借完成干法回收、氯化等多项技术,获得国家优秀工程设计奖,为行业内对技术的不断深入研究奠定了坚实的基础;

2000年,率先在国内开展多晶硅高效节能环保生产技术与装备研究,获国家发明专利“四氯化硅氢

探索：真正实现多晶硅产业清洁生产

此后,通过“研—产—电—硅”强强联合,中国恩菲多晶硅团队迈开了在多晶硅规模化生产道路上行进步伐,为寻找安全、高纯、环保、低成本、大规模多晶硅生产工艺而不懈努力。

以年产300吨多晶硅项目为开篇之作,在国家部委和地方省市两级政府的大力支持下,中国恩菲承担完成了国家科技部863计划“24对棒节能型多晶硅还原炉成套装置研究”项目,该项目于2007年研制成功,单炉产量提高5倍,能耗接近国际先进水平;在此基础上,完成国家“十一五”科技支撑计划“24对棒加压还原炉”项目,成功研发第三代还原炉,单炉产量达到6吨以上,能耗指标达到国际先进水平;此后,又先后完成第四代、第五代还原炉的研发与产业化,成为国际单炉产量最高、单位能耗最低的节能工艺与装备,解决了多晶硅生产高能耗问

题的认可和鼓励;对于中国恩菲的多晶硅团队而言,光伏产业的光明前景,早已成为他们为之不懈钻研,倾注青春和热血的生命意义。

中国恩菲的企业宣传片里有这样一句话:“只要太阳不落下,恩菲的未来就会很光明。”这句话的含义,每一个恩菲人都深深懂得。当前我国多晶硅产业仍处乍暖还寒时分,中国恩菲的多晶硅团队还奋斗在为重振行业而不懈努力的路上,他们深知任重道远,也坚信光伏产业拨云见日之时就在不远的未来。

化制备三氯氢硅方法”授权;

2002年,完成“年产2000吨三氯氢硅新技术产业化项目”,使自主研发的“合成产物加压冷凝技术”“加压提纯技术和尾气干法回收技术”得到成功应用,并在节能环保方面取得显著成效;

2003年,中国恩菲年产300吨多晶硅项目开工建设。中国恩菲副总工程师、多晶硅材料制备技术国家工程实验室主任严大洲回忆,那个时候,300万吨规模在国外不算什么,但由于当时国内还没有人实地见过如此规模的多晶硅生产线,一切几乎都是从零开始。他说,中国恩菲的多晶硅团队面临行业景气度低的困局,解决了融资困难等问题之后,在偃师厂区附近一个简陋的招待所里“一扎”就是将近三年。因为资金有限,办公环境也非常恶劣,办公室是农民家的土屋,“工作时,旁边还有拖拉机‘突突突’的声音‘伴奏’”。

正是经过这样的艰苦努力,2004年,国内首套12对棒还原炉问世。2005年10月,中国首条完全依靠自主研发技术,全部采用国产化设备建设的多晶硅生产线顺利投产,这意味着在中国恩菲多晶硅团队的努力下,我国终于掌握了多晶硅规模化生产技术,扭转了对外依赖的困局。

题。技术推广后,我国多晶硅规模提高了千倍,单炉产量提高10倍,能耗降低了66%,市场需求自给率达到50%。

与此同时,紧紧围绕世界主流工艺的发展,以严大洲为代表的中国恩菲研发团队开展了一系列科技攻关项目,共承担16项国家级科研与产业化项目。如,国家信息产业部“太阳能电池用多晶硅材料研发及产业化项目”,国家科技部“十一五”科技支撑计划项目“多晶硅材料产业关键技术开发”中“大型三氯氢硅合成、提纯工艺技术与关键装置研究”“高效加压还原炉系统研究”“大型低温加压四氯化硅氯化技术与装置研究”等三项重大课题,国家科技部“863”重点科技攻关项目“多晶硅副产物利用关键技术研究”。通过“高性能气相二氧化硅制备工艺技术研究”和“气相二氧化

硅而多晶硅生产是否会造造成污染,则与生产技术和工艺密切相关。中国恩菲以节能环保为出发点,以产品品质为核心,以节能降耗为理念,结合现有工



生产中的多晶硅

硅表面处理及尾气循环利用技术研究”两个课题,实现利用多晶硅生产副产物四氯化硅生产高品质气相二氧化硅的关键技术突破,实现大规模多晶硅生产线中物料的完全闭路循环。此项技术不但能降低多晶硅生产的物料消耗,也从根本上实现了副产物的综合利用,真正实现多晶硅产业的节能减排和清洁生产……

历经十多年攻关,解决了一系列困扰行业多年的难题,中国恩菲在多晶硅高效节能环保生产的关

引领：以国家工程实验室为依托

2008年,国家发改委批准设立“多晶硅材料制备技术国家工程实验室”——这是国家多晶硅材料制备技术领域的唯一一家国家级重点工程实验室,严大洲担任实验室主任。该实验室依托中国恩菲,联合清华大学、天津大学等高等院校和国内多晶硅生产企业,共同研究突破技术瓶颈,培养、凝聚研发人才。按ASTM标准,实验室配备了先进的多晶硅检测仪器和分析工具,建设了包含氯硅烷分离提纯技术、多晶硅高效还原技术等在内的六个研发平台和一个测试分析中心,目前实验室已通过国家CNAS认证,形成了持续研发能力。针对制约我国多晶硅生产现状和需求,实验室开发研究大规模、低单耗、高品质的高纯多晶硅清洁生产工艺,形成了具有国际先进水平的万吨级规模多晶硅生产技术体系,提升了产业核心竞争力。此外,以该实验室平台为基础,中国恩菲建设了国家多晶硅检测中心,通过了

环保：多晶硅生产告别“三高”

一段时间以来,多晶硅生产都被冠以“高能耗、高排放、高污染”的“帽子”且饱受诟病。对此,专家表示,对行业的判断应从实际出发,从国家能源战略的角度出发。

业内专家测算,从光伏全产业链来看多晶硅的能耗问题,光伏发电的电耗从硅石冶炼成工业硅,提纯成9N多晶硅,再做成切片,制成电池、组件,直到整个光伏电站现场安装完毕,2009年全产业链消耗电能为2.59千瓦时/峰瓦,这几年,随着技术进步,多晶硅及铸锭切片等环节生产能耗大幅降低,现在只需1.0千瓦时/峰瓦。以安装在北京这样光照条件下的地区为例,按全年1200小时有效光照条件计算,每峰瓦太阳能电池一年可以发1.2千瓦时电,由此可以计算出光伏发电的能量回收期为1.0/1.2 = 0.83年,也就是说,这些消耗的能源在不到1年的时间内即可全部收回。目前,国内生产的太阳能组件的合理使用寿命25年,之后发电效率衰减到80%,虽然衰减,但是仍然可以持续使用至30年甚至更多。消耗一份能源,可获得20倍以上的回报,从长远来看,多晶硅是清洁能源的制造者,而非高能耗的“替罪羊”。

而多晶硅生产是否会造造成污染,则与生产技术和工艺密切相关。中国恩菲以节能环保为出发点,以产品品质为核心,以节能降耗为理念,结合现有工

坚守：只要太阳不落下,恩菲的未来就会很光明

2012年起,美、韩、德等国对上游多晶硅市场实施大幅低价倾销策略,严重影响企业生存;光伏终端产品遭遇美欧“反倾销、反补贴”调查,形成毁灭性打击;受金融危机、欧债危机影响,各国下调光伏补贴电价,削减装机规模,下游市场急剧萎缩——面对企业库存积压、大面积亏损和减产、停产,甚至破产的艰难境地,曾有人用“哀鸿遍野”来形容行业发展的严峻形势。

在市场的寒冬中,严大洲及多晶硅团队仍然致力于通过技术改造和持续研发,以多晶硅制备技术国家工程实验室为平台,不断降本降耗,提升品质,节省投资。在研发了低温氯化第六代技术和第五代还原炉之后,36对棒、48对棒、60对棒还原炉、硅烷法流化床反应器研究开发仍在进行,在沉寂中积淀力量,待时而飞。

黑暗过去,终见曙光。随着光伏“双反”的顺利解决和国内光伏扶持政策的陆续实施,我国多晶硅产业开始缓慢复苏。对此,严大洲和团队这样说,

键技术、装备与理论研究方面取得重大突破,最终形成了具有国际竞争力的技术和产品,消除了制约我国信息产业化和新能源产业的瓶颈。

但是,在国家大力推进节能环保产业创新发展的今天,身为民族多晶硅产业的开拓者,中国恩菲并没有停歇,在技术研发和成本降低方面的努力从未停止。对此,严大洲这样说:“技术创新没有止境,更何况电子信息领域的技术日新月异,我们过去一直在追赶,现在是实现超越的时候了。”

CMA计量认证,可对外提供检测服务,涵盖多晶硅生产的原料、中间物、产品、环保类等58个大项检测、服务全行业。

依托国家工程实验室,研发团队紧紧围绕“多晶硅高效节能环保生产新技术、装备与产业化”专题,共申请专利151项,获发明专利55项,有效实现了多晶硅技术的创新与专利保护同步发展。

自主创新引领技术进步的过程中,研发团队还主编了我国首部《多晶硅企业能源消耗限额》《太阳能级多晶硅》和《多晶硅工厂设计规范》等3项国家标准和一项SEMI标准,建立了能耗和质量控制要素、技术指标和评定方法,提高了我国多晶硅行业标准化水平,进一步完善了行业标准体系,为多晶硅产品升级、安全生产和节能减排提供了技术支撑,为民族多晶硅产业发展做出了突出贡献,带动了太阳能光伏和相关制造业的发展,实现了显著的经济、社会和环境效益。

艺流程,不断优化工艺路线,能够通过节能技术有效解决多晶硅生产的高污染问题。对于多晶硅生产并非高污染的最好例证,就是国外对待多晶硅产业的态度并不同于钢铁、有色冶炼等,到目前为止,国际上美、日、德七大国传统多晶硅企业都没有对外转让技术,更没有在中国建厂,其原因一方面在于技术垄断,另一方面则源于本国发展多晶硅并不需要付出自身环境和能耗的代价。

在多晶硅生产过程中,副产物的处理至关重要,社会上对四氯化硅的“妖魔化”令行业发展受到重大负面影响。为了对付“四氯化硅”,严大洲带领研发团队研究了四氯化硅低温加压氯化工艺条件和催化机理,研究确定了最佳催化剂体系,成功设计了大型低温加压氯化装置,将副产物就地转化成三氯氢硅原料返回系统,借此技术,多晶硅生产成本降低35%,四氯化硅回收率99%以上。国家科技部组织院士专家验收的结论为:成功设计大型低温加压氯化装置,解决了四氯化硅综合利用难题,实现闭路循环和清洁生产,达到国际先进水平。

此外,中国恩菲多晶硅研发团队首创了具有自主知识产权的多晶硅尾气干法物理回收分离新工艺,打破了传统湿法回收造成大量物料浪费、投资和运行成本高、环保负担重的局限。

“太阳能是清洁、可持续发展的能源,是人类梦寐以求的能源终极目标。在这个大背景下,能做一些基础性的工作,我们感到很欣慰。虽说在国际贸易战线上,中国的光伏产业包括多晶硅产业受到残酷打压,但这是发展中必须经历的过程,我们要通过这个过程改进技术,降低能耗,为人类广泛应用太阳能打下良好基础。”

2012年,中国恩菲完成的“多晶硅高效节能环保生产新技术、装备与产业化”项目荣获国家科学技术进步奖二等奖,成为史上首个多晶硅领域的科技进步奖项,实现历史零的突破。

2014年,恩菲人逆境求强,勇担行业责任,技改提升,降本增效,突破困局,终迎希望曙光。

2015年,他们未曾止步,他们相信,只要坚定信念,共同努力,中国多晶硅产业的春天马上就要到来。发展新能源,恩菲人在路上。

■两会声音

高德康代表：企业家精神是“新常态”下的创新动力

今年的两会上,一个经济热词被经济界的代表委员们高频引用,这个热词就是“新常态”。新常态下,经济增长保持中高速、产业结构迈向中高端、发展转向创新驱动,中国经济开始步入新的运行轨道,进入更高层次的发展阶段。

十二届全国人大代表、波司登集团董事长高德康说:“企业家作为参与社会经济最活跃的群体,最能够感受到经济的变化和时代的脉动。”随着中国经济进入增速换挡期,高速增长时代的结束,传统的依靠劳动力成本和资源投入获得“暴利”的时代一去不复返了。“新常态”对企业最大的挑战是利润空间受到挤压,利润增速放缓,显然,“适应新常态”并不容易。

高德康代表说:“今年以来,传统的行业特别是制造业出现了很大幅度的放缓,让不少企业家产生悲观情绪。但是,我认为这是一个必然现象,是对过去过度扩张的一种调整。”他认为,务实创新是企业家精神的本质,当前最可怕的不是外在的困难如何多,而是经营者的思想僵化、因循守旧、进取心消退等企业家精神的减退。有情怀、敢担当的企业家要以平常心适应这种“新常态”,特别是对制造业企业来说,经济增速减缓会带来产业结构调整阵痛,成本、库存、产能过剩等严峻局面在短期内都不会有根本改观。“发展速度降了,但发展质量一定要提高,企业家要未雨绸缪,知所进退,从要素驱动、投资驱动转向创新驱动和质量效益型发展。”

高德康代表认为,在经济新常态背景下,企业家既要“稳得住”,又要“赶得上”。一方面,企业家要“稳得住”,克服急功近利,靠机会主义取得短期成功经验的“过去式”思维模式,在心态上要调整好。另一方面要保持“创业创新”的企业家精神,要把创新精神和市场结合起来,迎头赶上。市场活力来自于企业,特别是来自于企业家,来自于企业家精神。企业作为市场主体,要引入新产品,提供新标准,实行新管理,采用新技术,开辟新市场,无不需要创新实干的企业家精神,这也是一种最稀缺的资源和最根本的竞争力。

作为市场经济的细胞,企业的“新常态”是中国经济“新常态”的基础。高德康代表说:“要依靠创新获得比较优势和核心竞争力,用现代信息化技术和高新技术,改造企业,加快转型升级,增速换挡步伐。要抓住移动互联网带来的机会,以信息经济、智慧经济引领企业转型发展,引导企业与互联网接轨。”

钱月宝代表：推进云平台建设给环境信息“保鲜”

“为了给环境信息‘保鲜’,国家应加快环境信息应用的云端化进程,推进云平台建设,政府牵头、企业参与,共建‘环保云’,为政府工作报告提出的‘打好环境治理攻坚战’助力。”全国人大代表、江苏常熟市梦兰村党委书记钱月宝说。

“人在做,云在算”已成为时下几句热门的话。在钱月宝看来,“云”在环保方面也有大有可为。

“环保部、地方环保部门利用技术手段来加强环境监管,先后建设了多层次的环境监测监控系统平台,初步实现了环境信息采集、传输和管理的数字化、智能化、网络化,提升了环境管理的效率。”钱月宝说,但由于我国环境信息化建设过程中,普遍采用的是自行筹资、自行规划、自行建设模式,加之存在“重建轻维、轻维护”的情况,这就可能出现数据造假、篡改等情形,从而给环境管理埋下隐患。

构建安全、可靠、低成本的“环保云”平台是技术发展的大势所趋,是推动环境信息化健康有序发展的阶段性重要任务。钱月宝认为,国家应大力推进云平台建设,构建国家级、省级层面的“环保云”,推行环保基础设施统一上“云”,各项应用统一上“云”,各类数据统一上“云”。她指出,“环保云”的建设应依靠政府、云服务商和环保信息系统集成商,三方合力才能构建一个可用、好用的云平台。政府在其中应做好统筹协调工作,负责编制专项规划、制定准入标准,牵头并推行具体工作;云服务商承担平台的技术架构,提供具体的云计算、云存储服务;环保信息系统集成商负责将传统应用迁移至云平台,并基于云端服务开发适合新环境、新市场下的环保业务组件,兼顾平台的日常运营。

“政府应以构建‘环保云’为契机,改变传统的环保管理模式。”钱月宝说,“通过‘云’端实时、高效地对大量数据进行收集,并基于‘云’计算的分析结果做出相应决策,而非像以前只靠经验和直觉就‘拍脑袋’。”



中国恩菲多晶硅生产线外景