

# 中国恩菲：低碳熔炼的开拓者

## ——写在国家863计划课题“氧气底吹连续炼铜清洁生产工艺关键技术及装备研究”产业化示范项目圆满完成之际

■ 资讯

2014年3月20日,中国恩菲工程技术有限公司(以下简称“中国恩菲”)开发的世界上首条氧气底吹连续炼铜工业化示范生产线全线拉通,产出第一批合格的阳极板,消息传出,引发了业内的关注和轰动。这意味着,中国恩菲承担的国家863计划课题“氧气底吹连续炼铜清洁生产工艺关键技术及装备研究”圆满完成;这意味着,中国恩菲发明的氧气底吹连续炼铜

技术,自此将在世界范围内迈开产业化推广应用的脚步。从氧气底吹熔炼铅,到氧气底吹电热还原法炼铅,从氧气底吹炼铜,到氧气底吹连续炼铜,如果说,过去,“恩菲品牌”的氧气底吹技术凭借其环保效益和经济效益改写了世界铅冶炼、铜冶炼的历史,那么如今,中国恩菲正以低碳熔炼为方向,开启铜冶炼领域的

### 研发:开底吹熔炼技术之先河

中国是金属生产、消费大国,也是冶炼古国。目前出土最早的铜器,来自仰韶文化时期,距今已有6000余年,司母戊鼎是目前发掘出的世界最大青铜器,源自青铜时代的炼铜法也传承至今——不论是木炭作为燃料和还原剂,通过向熔炉里送风产生高温使孔雀石融化的“火法冶炼”,还是水法炼铜采用的金属元素置换方法,都能在当代的冶炼工艺中得到追溯。

自上世纪八十年代起,伴随氧气底吹熔炼技术的基础研究、探索性试验和扩大试验、半工业试验相继获得成功,中国恩菲自主研发的氧气底吹熔炼技术的行业影响逐步扩大。

2002年,第一代技术——氧气底吹熔炼一鼓风炉还原熔炼技术实现产业化,随后,秉承“创新是发展灵魂”的理念,中国恩菲的技术团队不断寻求新的突破,向着更低能耗、更高环保的方向迈进,形成氧气底吹熔炼一熔融侧吹还原法以及氧气底吹熔炼一熔融底吹电热还原法炼铅技术。

中国恩菲冶金事业部副总经理、氧气底吹技术研发和推广团队负责人李东波介绍,氧气底吹熔炼技术,能够降低能耗和焦炭用量,有效解决了长期困扰冶炼生产的二氧化硫烟气和粉尘所带来的环保问题,目前已经在国内外得到广泛推广和应用,使我国铅冶炼技术一举迈入国际先进水平。该技术成功应用于国内30余个铅冶炼项目,矿产铅产能超过80%,被国家九部委指定为首选炼铅工艺。

### 开拓:解决世界铜冶炼难题

氧气底吹熔炼技术的成功研发和推广,成为恩菲助力有色冶金绿色发展的一面旗帜,以此为方向,恩菲又将氧气底吹的低碳之路,延伸向铜冶炼领域。1992年,中国恩菲获得“底吹熔炼炉及其装置”专利授权;此后不断研发提升,2006年获得“氧气底吹熔炼炉”“氧气底吹熔炼炉炉枪装置”专利授权。2008年,中国恩菲设计的越南生权铜采选冶联合项目和山东东营方圆有色金属有限公司氧气底吹熔炼捕金示范工程项目相继顺利投产,标志着中国恩菲凭借氧气底吹熔炼技术真正实现了大规模工业化应用,继国外为人知的顶吹、侧吹、闪速熔炼之后,再次改写了世界铜冶炼技术格局。随后,氧气底吹熔炼技术在多个新建或改造项目中得到推广与提升,以其优越的经济效益和社会效益受到多国青睐,在铜冶炼行业产生很大影响。

真正实现了工业化应用。然而,这个令人欣慰的结果背后,却饱含艰辛。有人说,科研创新最难得的是坚守,每一次成功开创新的背后必定有一个故事,的确,恩菲人用实际行动,演绎了一段漫长而执着的坚守,讲述了一个曲折又精彩的故事。

有创新必有质疑,从设想的提出,到几十次的反复论证,一个个问题接踵而至:

比如,氧枪吹进的氧气首先和粗铜反应,生成的氧化亚铜会侵蚀耐火材料,对氧枪的烧损程度无法预测,氧枪寿命无法保证;比如,在热态铜液计量方面,底吹连续吹炼所需的热态铜液通过流槽从熔炼炉进入吹炼炉,相较于将热态铜液破碎后再干燥磨细的闪速吹炼,计量的准确度和氧料比的控制都引发了担忧;再如,粗铜终点判断的问题。采用传统转炉方法吹炼粗铜,需要靠熟练工人看火焰、靠取样形态来判断终点,连续吹炼工艺的终点如何判断?比如,连续吹炼粗铜质量问题。目前已经工业化应用的连续吹炼工艺,粗铜含硫量无法满足传统阳极炉作业要求;再如,吹炼炉寿命问题。传统转炉寿命一般是3个月,诺兰达连续吹炼9个月左右,底吹连续吹炼炉寿命能达到多少?

质疑声中,方案摇摆间,恩菲团队没有动摇,更不会放弃,从认识的加深,到技术构想的形成,从启动立项申请,到持续完善工艺,在质疑和阻力中,恩菲人攻坚克难,艰难前行。

2012年初,恩菲人与豫光金铅、东营方圆和中南大学携手组成的“产学研”联合开发团队,再度来到王屋山下。2012年5月9日至6月3日,短短26天时间里,冷铜液底吹连续吹炼半工业试验在豫光取得成功;之后,他们又来到黄河入海口,在东营方圆开展热铜液工业试验,并取得满意结果。在此基础上,世界上首条氧气底吹连续炼铜工业化示范生产线的建设正式启动,并于2014年3月投产,中国恩菲的863课题圆满完成并成功将其成果应用到工业化生产中,世界铜冶炼历史就此改写。

### 提升:“世界冶金技术史上新的奇迹”

有人用“世界冶金技术史上的奇迹”来形容中国恩菲的氧气底吹技术,其原因就在于技术特色鲜明的“全能表现”:底吹熔炼,可以搭配处理多种二次铅原料;底吹熔炼,可以处理各种品位的硫化铜精矿,或搭配处理合金的黄铁矿以及多种二次铜原料。总之,氧气底吹技术不仅原料适应性强,在节能环保方面的优

势也非常明显,而其对经济效益的保障,更堪称“既叫好又叫座的技术”,被英国著名的《金属导报》评价为“技术指明了金属冶炼行业乃至多个领域未来十年、数十年,乃至上百年的发展方向”。世界上首条氧气底吹连续炼铜工业化示范生产线投产以后,行业内又产生了“新的奇迹诞生”的赞叹之声,这一次,中国恩菲和氧气底吹技术,再度站上了行业的制高点。

氧气底吹连续炼铜工业化示范生产线采用氧气底吹熔炼+氧气底吹连续吹炼工艺,与以往差别较大之处在于,氧枪吹进的氧气首先和粗铜反应,生成的氧化亚铜会侵蚀耐火材料,对氧枪的烧损程度无法预测,氧枪寿命无法保证;比如,在热态铜液计量方面,底吹连续吹炼所需的热态铜液通过流槽从熔炼炉进入吹炼炉,相较于将热态铜液破碎后再干燥磨细的闪速吹炼,计量的准确度和氧料比的控制都引发了担忧;再如,粗铜终点判断的问题。采用传统转炉方法吹炼粗铜,需要靠熟练工人看火焰、靠取样形态来判断终点,连续吹炼工艺的终点如何判断?比如,连续吹炼粗铜质量问题。目前已经工业化应用的连续吹炼工艺,粗铜含硫量无法满足传统阳极炉作业要求;再如,吹炼炉寿命问题。传统转炉寿命一般是3个月,诺兰达连续吹炼9个月左右,底吹连续吹炼炉寿命能达到多少?



氧气底吹熔炼炉排铜锭

中国恩菲冶金事业部副总经理颜杰说,氧气底吹连续吹炼和传统的PS转炉吹炼技术相比,拥有诸多优势:

1. 富氧空气直接吹入粗铜层,容易得到含硫低的粗铜;
2. 可采用较高氧流,热强度高,可用于处理残极和废杂铜,降低生产成本;
3. 操作和控制得当,可以获得远高于PS转炉的炉寿命,降低耐火材料单耗;
4. 炉子密封好,解决PS转炉吹炼的低空污染问题,环保效果突出;
5. 连续吹炼烟气稳定,烟气量小,有利于降低制酸成本;
6. 用1台连续吹炼炉代替3台转炉,系统简单,投资省。

针对生产运营成本,颜杰拿出这样一组分析数据:例如,建设一座年处理60万吨铜精矿的冶炼厂,需建设1台直径4.5×18米的氧气底吹连续吹炼或3台直径4×11米的PS转炉吹炼;由于氧气底吹连续吹炼运行设备少,投资省,耗电、人员和折旧费用低,所以每吨生产成本可相对降低15%左右。

### 引领:开启低碳熔炼新纪元

当前,国家加大力度调整产业结构和能源结构,淘汰落后产能,推动传统产业改造升级。《“十二五”节能减排规划》中要求,“加快运用高新技术和先进适用技术改造提升传统产业,促进信息化和工业化深度融合”;加强工业节能减排,实施“节能重点工程”“污染物减排重点工程”和“循环经济重点工程”。

中国恩菲高级顾问专家、全国勘察设计大师蒋继穆已年逾古稀,他见证了我国冶炼行业的发展历程,也带领中国恩菲的技术团队,数十年如一日地为行业发展、技术创新贡献着力量。蒋继穆说,技术应“先立后破”,但只有“破”字当头,才能为有色金属行业的技术升级提供助力。所谓“破”字当头,就是不断用创新思维改进既有技术,所谓“先立后破”,就是不断通过实践验证新的思维,而后推广。在国家环保要求日益严格,节能减排持续深入的大背景下,中国恩菲的氧气底吹熔炼、还原吹炼等技术的不断深入研发和广泛推广应用,都被赋予了更加深刻的意义,也必将“为中国有色金属行业复

### 追求:攻坚克难后继有人

任何技术的研发,都要经历科研攻关的漫长过程,从理论到实践,从试验到产业化,其中艰辛,非常人所能想象。但是,为什么中国恩菲能够不断前行,持续突破?因为恩菲人深知自己肩负的责任,这个责任,是行业和国家赋予的,是使命,也是动力。氧气底吹技术的诞生,是恩菲人责任和使命的体现,持续不断的提升和超越,是恩菲人为底吹“代言”的最大动力。

注重人才培养,是中国恩菲诸多核心技术得以积累并不断提升的重要原因。正如蒋继穆所言,技术的发展,靠的是后继有人。中国恩菲设有博士后科研工作站,以此为依托,结合国家863课题,蒋继穆和尉克俭全程指导李兵等博士后研究生,共同开展工作。蒋继穆说,对年轻人的培养必须严格,要求他们在尊重科学、遵守客观规律的前提下,敢于开拓创新,不断突破。

蒋继穆指出,底吹连续吹炼工艺在实现产业化前必须通过半工业及工业化试验,以解决工艺和工程上没有把握的问题,包括工艺、工程、操作、实验步骤的各个方面和环节,这个过程,是从理论到实践的重要转变,而且,还能帮助年轻的科研工作者开拓思路,在顺利完成的过程中得到升华。对此,尉克俭也颇有感触。他说,新的工艺技术的研发过程中,工艺本身可行仅仅是第一步,核心装置的开发非常关键,还有生产操作经验的积累。从氧气底吹连续炼铜清洁生产工艺的开发来看,863项目完成,是为产业化提供支撑,产业化示范线的建设,则意味着工艺取得了跨越性的进展,也开启了新的改进提升、成熟完善之路。但是,喷枪和炉衬的寿命需要经过长期运行才能最终确定。这需要整个团队,以及代代相传的技术团队持续地投入和跟进,创新没有终点。

尉克俭说,新工艺的实施,只有将每个环节都衔接

兴走出一条持续创新、不断发展的新路子”。

在“要金山银山,更要绿水青山”的目标指引下,氧气底吹连续吹炼技术展现了其技术的优越性和显著的节能效益:

氧气底吹工艺冶炼全过程能够百分之百实现自热平衡,无需添加任何燃料(但在开炉初期,操作不熟练,作为安全措施,加入1%的煤粒,防止产生泡沫渣喷炉),单位能耗降低明显;在吹炼阶段,熔炼炉和吹炼炉之间采用流槽连接,热料直接流入,消除了二氧化硫烟气低空污染,硫的捕集率将达99.8%以上,极大地改善了生产环境。以投产示范线为例,相比采用氧气底吹熔炼+PS转炉吹炼工艺,项目每年可减排二氧化硫1600吨,硫酸增收达2450吨;冶炼、化工过程中产生的余热全部用于余热锅炉蒸发,不仅降低了烟气温度,还能产生大量饱和蒸汽和低压蒸汽,用于发电和直接加热电解液、干燥亚硫酸钠产品;对污水进行合理处理,进行循环利用,实现“废水零”排放。

好、协调到位,才能谈及成功,所以在此过程中,人才的培养至关重要。而且,评价一个技术的好坏,要以所耗成本和所创造价值为前提,要确保能够连续稳定地运行,各项指标参数合格,再来对其先进性和优越性进行评价。当前,中国恩菲已拥有强大的底吹技术开发专业团队,未来,将以恩菲技术研究院为依托,以博士后科研工作站为支撑,进一步加强工程与人才培养相结合,持续开展研发,一方面提高铜冶炼应用和推广水平,不仅在国内,也要走向世界,参与国际先进的铜冶炼工艺的角逐;另一方面,以此为基础,中国恩菲也将尝试进一步开发与拓展底吹技术的应用领域,并在其工业化应用中不断挖掘潜能支持与支撑包括有色冶金的综合回收在内的循环经济与绿色发展要求。

《“十二五”产业技术创新规划》中指出,有色金属工业将重点开发铜、铝、锌的短流程连续化节能环保冶金技术。而这正是中国恩菲技术发展所追求的目标。尉克俭说,未来将通过将熔炼和吹炼更多地融合,实现短流程生产和一体化冶炼装置方向发展。这是一个持续挖潜不断超越的过程。

艰难困苦,玉汝于成。863课题圆满完成,以及世界上首条氧气底吹连续炼铜工业化示范生产线建成投产,这些光荣,对于恩菲人来说,都已经成为历史。新的征途已经启程,他们正以责任为信仰,以创新为主题的探索提升之路迈开脚步。

或许,他们早已忘记,粗铜第一次喷涌而出的时候,火光映衬下,他们的眼中闪烁着晶莹;但是,我们不会忘记,是他们的坚守和担当,使这光芒更加耀眼;时代不会忘记,是他们的忘我和投入,铸就了中国恩菲的荣耀;世界铜冶炼史不会忘记,是中国恩菲,正以氧气底吹技术为旗帜,追寻着低碳冶炼的新方向,创造着有色冶金的新辉煌!

### 清华科技园(南京)打出招才重拳

#### 助力创业者赢取“321”百万无偿启动资金

本着吸引创新人才、推动区域创新经济发展的目的,近几年全国各地高新区和科技园区纷纷向创业者伸出橄榄枝。对于有优质团队和项目,却苦于找不到天使投资,或是在北上广深创业,却扛不起高昂运营成本的创业者而言,位于南京麒麟科技创新园的清华科技园(南京),就是一个值得考虑的选择。

配合南京“321引进计划”,清华科技园(南京)已连续3年向该计划申报者提供申报辅导+孵化服务,以帮助申报者获取100万无偿启动资金、30—100万发展配套资金、100平方米办公场地、100平方米人才公寓、150万创业投资、150万融资担保等优惠扶持。只要有意申报南京“321引进计划”,并尽快与清华科技园(南京)取得联系,即有机会获得专业级全程申报辅导(今年申报截止日期为5月20日);成功入选后,还将额外获取“创业培训+孵化服务+开放平台+天使投资”的全方位孵化支持,为创业梦想找到最适宜成长的沃土。

由于给予创业者的支持相当优厚,“321引进计划”目前通过率不足7%,竞争激烈程度可见一斑。而清华科技园(南京)基于自身在创业企业孵化领域系统性的成功经验,3年来辅助申报的100个项目,创下了高达20%的通过率。

除了在前申报过程中的积极辅导,清华科技园(南京)对于最终入驻的创业企业,还将从资金和培训等多方面提供高水准的孵化服务。“清华科技园自身搭建的‘创业培训+孵化服务+开放平台+天使投资’孵化体系已经非常成熟,可以对创业企业提供全方位的发展助力。”据清华科技园(南京)创新发展部负责人沈童刚介绍,清华科技园(南京)所在的麒麟科创园对于入选“321引进计划”的企业,将视运营两年内的年主营业务收入,给予30万—100万不等的项目发展资金;通过“321引进计划”技术评审而未能入选的,经评审,也可以择优给予50万元创业启动资金和50万元项目发展资金。

### 向污染宣战的众筹环保新力量

#### ——启迪之星节能环保孵化器在京成立

在清华科技园创建20周年之际,启迪之星节能环保孵化器成立仪式于2014年3月16日下午,在清华科技园北京主园区举行。在成立仪式上,启迪之星节能环保孵化器首次提出“众筹创新创业力量、面源治理环境污染”的环保产业发展新模式。

本次活动由启迪之星节能环保孵化器、清华x-lab和清华MBA校友节能环保协会共同主办,邀请到青云创投合伙人朱盾鸣、启迪控股旗下清华阳光能源公司总裁文辉、和君资本投资总监李良栋等多位环保产业领军人物作为孵化器导师与近百位关注环保创业的清华校友进行了交流。

作为中国创新科技服务的领跑者,自1994年开始建设清华科技园以来,启迪控股一直关注着创新创业型企业的成长。面对日益严重的环境问题,启迪控股在今年正式启动了启迪之星节能环保孵化器的运营,首次提出通过帮助节能环保领域中小企业的创新和创业促进环保产业发展。

启迪之星节能环保孵化器以聚集培养快速成长的节能环保领域科技型创业企业为核心,通过加大对中小型、初创型节能环保科技企业的支持,形成一批国内领先的节能环保产品,推动节能环保产业集群发展,倡导和辅导低碳经济,带动区域科技进步和经济发展。孵化器的建设目标是:通过3—5年时间,累计引进和培育100家节能环保领域高科技创业企业,完成50项以上国内外优质科技成果转化项目,吸引社会资本投资总额超过5亿元,培育10家行业高成长明星企业。

据介绍,启迪之星节能环保孵化器将在清华科技园的北京主基地和南京分园各设立一个孵化场地,形成一品牌双基地。

北京是中国目前人才、资本最为活跃的创业策源地,但相应的,在北京运营一家初创公司,成本要远高于外地。为了与北京形成互补优势,孵化器在清华科技园的全国分园网络中,选择了南京分园作为孵化器的双基地之一。

在启动会上,启迪之星节能环保孵化器向蓝色经济中国发起人、世界零排放研究创新基金会董事朱盾鸣先生、北京清华阳光能源开发有限公司总裁文辉先生、和君资本投资总监李良栋先生、同方环境股份有限公司分公司总经理沈炳顺先生、中信环保股份有限公司投资部副总经理王松五位导师颁发了导师聘书。