

# 从矿业大国到矿业强国

## ——中国恩菲迈向矿业发展制高点

“加强矿产资源综合利用,不仅能有效提高我国的矿产资源保障程度,还能推进生态文明建设。”

“以试点平台为载体,制定相关专项政策,加快推进我国矿产风险勘查资本市场建设。”

“随着我国社会经济的改革与发展,《矿产资源法》已不适应当前形势,应尽快修订。”

.....

正在进行的全国两会上,多位代表委员聚焦矿产行业,为行业发展鼓与呼。

一边是经济发展的诉求,一边是资源环境的制约。我们需要什么样的矿山?怎样建设我们的矿山?如何使我

### 寻突破,核心专长技术解难题

“我国是一个矿业大国,但还远不是矿业强国。”中国工程院院士、中国恩菲高级顾问专家于润沧表示,我国是世界上矿产资源品种比较齐全的少数国家之一,但随着国家工业化进入高速发展阶段以来,大宗矿产品的消费持续增长,供需关系失衡,钢铁、铜、铝、铅、锌、镍等对外依存度不断攀升,同时由于矿产资源的过度、低效开发,生态环境目前仍处于局部改善、总体恶化的状态。于润沧院士指出,从经济安全和可持续发展的角度,都需要矿业行业寻求新的技术突破,来解决这些问题。

众所周知,开采矿山必然会产生大量的尾矿,因为金属矿床中金属的含量非常少,90%以上是非金属矿物和岩石,除了选矿后形成的精矿以外,剩下的都是磨碎后的尾砂。目前我国尾矿库总数已经占世界尾矿库总数一半以上。如何对尾矿进行合理的堆存和处置成为了矿业业的一个重要问题。

“合理利用尾矿的方法就是用尾砂对井下采空区进行充填。”国家百千万人才工程专家、中国恩菲副总工程师刘育明表示,“随着近年来矿业资源需求的增长和对采矿安全、环境保护重视的提高,采用充填法开采的矿山也越来越普遍。”

位于云南的会泽铅锌矿,设计规模为2000t/d,采用了中国恩菲自主研发的膏体泵送充填工艺,在超千米深度、长达4km的条件下,实现膏体泵送充填,达到了世界领先水平。

刘育明介绍,虽然中国的矿山充填技术以引进为起点,但凭借消化吸收再创新,中国恩菲的尾砂浓缩贮存新装置与国外的深锥浓密机、高效浓密机相比,其浓缩效果更好,成本更低。

### 开先河,技术研发领跑行业

矿业是一个古老的产业,矿山工程的技术创新具有极大的难度,但在矿业工作者的努力下,在多学科研究成果的交叉催化下,近半个多世纪以来,全球矿业工程的技术创新使典型矿山的的面貌发生了巨变。

除了绿色矿山,数字化矿山也是目前行业内的一个热门话题,并且被认为是现代矿业的发展趋势。

什么是数字化矿山?数字化矿山先进之处在哪里?

于润沧院士认为,到目前为止,关于数字化矿山还没有一个确切的公认的定义,但总的来说,数字化矿山应该涵盖由初级到高级的三个层次:矿山数字化信息系统、虚拟矿山、远程遥控和

国实现从矿业大国到矿业强国的跨越?这也是恩菲人在一直探索实践并试图回答的问题。

作为矿山工程服务领域的领军企业,中国恩菲工程技术有限公司(以下简称“中国恩菲”)以采矿、选矿、冶炼设计等领域积累的核心技术为依托,以卓越的工程咨询设计、工程总承包、资源开发和新能源产业的实践经验为基础,以“发展绿色矿业、建设生态矿山”为己任,以贯彻落实科学发展观、转变矿业发展方式为目标,重点开展对深井矿床、难采矿床和低品位、难选冶、共生资源资源的综合开发,以有效增强国内资源供给能力,减少储量动用,提升资源、环境和经济综合效益。

除了尾矿处理,矿石品位不断降低也是困扰矿业发展的难题。开采大型低品位矿山,降低成本是关键。对此,中国恩菲有自己的“独门秘籍”,自然崩落法就是“秘籍”之一。

自然崩落法,是通过在矿体下部进行拉底,依靠重力使矿石自然崩落的采矿方法。刘育明介绍,自然崩落法采矿适用于地表允许塌陷、厚大、具有一定节理的矿体,和传统的崩落采矿方法相比,自然崩落法采矿不需对矿体凿岩爆破,也不需进行大量的开拓、采准和切割工作,因而能够使采矿成本大幅度降低,是开采大型低品位矿床的首选方法,是在生产成本上能与露天开采相媲美的唯一地下采矿方法。

国内目前采用自然崩落法开采的矿山为位于山西的铜矿峪铜矿,另有云南的普朗铜矿正在准备建设,这两个项目均由中国恩菲承担设计。2014年初,入选规模600万吨/年的铜矿峪二期工程顺利投产,实现了从电耙出矿工艺向高效无轨设备工艺的转化。而普朗铜矿的建设使自然崩落法方面又有了新的实践和提升技术水平的机会。

此外,伴随社会经济的高速发展和矿业需求的持续加大,我国的非煤矿山经过几十年开发,已逐步由浅部开采转向深部开采发展。为满足行业技术工艺要求,中国恩菲持续提升技术水平,以著名的深井矿山冬瓜山铜矿为起点,中国恩菲先后设计了诸多首采深度达1500m、规模在1500万吨/a以上的矿山,如思山岭铁矿、济宁铁矿、陈合沟铁矿、岔路口多金属矿、西鞍山铁矿等。目前,国内大多数大规模深井矿山项目都由中国恩菲设计。

### 自动化采矿

“数字化矿山首先可以提高劳动生产率,根据发达国家示范采区的资料介绍,劳动生产率大概最少可以提高90%,这是跟过去比较先进的水平相比;二是可以降低成本;三是可以真正实现安全生产。”于润沧院士表示,自动化采矿最终能够实现井下无人作业、采矿工作办公化,这就从根本上避免了安全事故的发生。

“远程遥控和自动化采矿的技术发展和应用现在还在在婴幼儿期,根据行业内专家的预测,再过25年到30年,整个矿业行业将实现远程遥控和自动化采矿。”于润沧院士表示,但以恩菲为代表的中国矿业企业,已经在采矿办公化

## 中国恩菲在矿业领域的突出技术成就

中国恩菲长期以来设计的矿山工程项目,分布国内几乎所有省区以及全球20余个国家,同时创造了多项国内第一。

### 国内开采条件最复杂的矿山——金川镍矿

金川镍矿共有三个矿区生产。其中规模最大的二矿区生产能力已超过400万吨/a,是国内乃至亚洲最大的镍矿,也是最大的充填法矿山。金川镍矿岩十分破碎,地应力大,并已进入深井开采,巷道掘进和矿床开采极为困难,中国恩菲在设计中采用世界上没有先例的大面积机械化盘区下向分层进路式胶结充填采矿法,采用棒磨砂高浓度胶结充填和全尾泵送膏体充填工艺。

二期工程采用电耙出矿工艺的自然崩落法,生产规模为400万吨/a,二期工程采用高效无轨设备工艺的自然崩落法,矿石生产规模为600万吨/a,采用3200m长胶结斜井、斜坡道开拓,矿石

碎矿岩条件下井巷支护技术难题。

### 国内矿石生产规模最大的露天矿——德兴铜矿

德兴铜矿日产矿石13.5万吨,年采剥总量约9000万吨,是国内矿石生产规模最大的金属矿山。采用12m<sup>3</sup>、16.8m<sup>3</sup>、35m<sup>3</sup>电铲,154t、172t、220t电动轮汽车,现场混装炸药车,年排土量6000万吨的排土机等大型设备和GPS卡车调度系统,境界动态优化决策系统等自动化、信息化采矿系统。选矿采用了大型半自磨加球磨的磨矿工艺。在国内首次采用浸出—萃取—电积工艺,实现了低品位矿石的综合利用。

### 国内第一座采用自然崩落法的矿山——铜矿峪铜矿

二期工程采用电耙出矿工艺的自然崩落法,生产规模为400万吨/a,二期工程采用高效无轨设备工艺的自然崩落法,矿石生产规模为600万吨/a,采用3200m长胶结斜井、斜坡道开拓,矿石



中国恩菲设计的德兴铜矿

的探索中迈出了第一步。

2013年3月22日,中国恩菲举行新闻发布会,正式对外发布自主研发的“地下矿无人驾驶电机车运输技术”。

目前我国绝大多数矿井下所使用的运输设备都需要人工驾驶,在工作条件、安全保障以及运输效率上都受到较大制约。井下无人驾驶电机车,不仅将使矿山的矿石运输自动化程度大大提高,运输能力得到更大发挥,也给矿山运输过程中社人员伤亡事故提供了可靠保证。

自2005年起,中国恩菲着手研发此技术;2010年进入研制实施阶段,并在铜陵有色金属集团冬瓜山铜矿开展工业试验;2012年5月,在冬瓜山铜矿井下-875m中段投入试运行;同年8月通过铜陵有色集团组织的结题验收并转入正式生产运行,填补了我国乃至亚洲的一项技术空白。

在中国恩菲副总经理、恩菲研究院院长黄祥华看来,“对于恩菲这样的企业,要实现健康持续发展,必须有超

### 走出去,牢牢握住自己的签字权

当前,在国内企业“走出去”的过程中,矿业开发工作全过程需使用国际认可的规范和标准,如澳大利亚JORC规范和加拿大NI43-101标准,才能最终得到国际上权威专业机构和资本市场的认可,真正参与国际市场的竞争。

由于文化、语言上的明显差异以及国内地界与国际上工作规范、标准上的不同,中国地质勘查成果报告和其他矿业咨询技术报告往往难以获得国外矿业市场及投资者的理解和认可,同时由于目前国内还没有一批具有国际认可的地质、采矿、选矿、冶金和环保等方面的矿业技术公众报告签字权的专家,使得我国海外地质工作成果、咨询成果以及在海外上市的企业长期依赖于国外专家的签字,这已经严重影响到国内矿业企业的国际化发展。

为扭转这一不利局面,去年10月,中国矿业联合会与澳大利亚联合矿业储量委员会(简称JORC委员会)和澳大利亚矿业与冶金学会(简称AusIMM学会)于2013年10月共同举办了“澳大利亚联合矿业储量委员会和澳大利亚矿业与冶金学会”

“走出去”的过程中,我们不能总是“听命于人”,要牢牢握住自己的签字权,才能使中国的矿业企业真正在国际市场上立足。”熊小放认为,培养满足国际市场需求的矿业人才,是恩菲的职责所在,也是整个行业目前急需正视的问题。

### 恩菲纪录

### 采用胶带提升运输,为目前全国已建成的最大的地下金属矿山。

### 国内第一座大型深井矿山——冬瓜山铜矿

深井开采有三种类型:第一种类型为从浅部开采逐渐加深,第二种类型为露天转地下开采,第三种类型为直接开采深埋矿床。第三种类型因信息缺失难度极大。冬瓜山铜矿属于第三种类型,一次设计的千米深井矿山。采矿规模10000t/d,采用大直径深孔空场嗣后充填采矿法和分段空场嗣后充填采矿法,实现全尾砂高浓度充填。主井采用双箕斗提升,井深1120m。

### 海底采矿——三山岛金矿新立矿区

三山岛金矿新立矿区位于山东半岛莱州湾畔,西面、北面临渤海,东南面与陆地相连,矿体倾斜于海底,通过系统深入的水文地质研究,采用胶结充填法等技术,成功地实现了海底矿

前的市场意识,以独有的核心专长技术为先导,以不断的技术研发为动力,围绕降低生产成本、减少能源消耗和污染物排放,以节能环保、安全可靠、经济实用为原则,开发具有自主知识产权的核心技术,为我国有色行业更新换代提供技术选择。”

正是凭借着以突破行业技术瓶颈为己任的责任感,中国恩菲开工程企业之先河,于2014年初成立了恩菲研究院。黄祥华表示,恩菲研究院的初衷主要是整合研发资源,加大研发投入,使研发经费得到高效率的使用,同时也进一步调动研发人员的积极性和创造性。恩菲研究院将立足于新的高度、新的理念、新的机制,全面整合内外研发资源,引进高端人才,建立中试基地,将恩菲多年来的研发设想变成现实。更加重要的是,通过规模和影响的不断扩大,中国恩菲也希望更多地承担行业责任,发挥自身引领作用,带动有色、新能源行业的技术研发和进步。

院士会辅导培训班,旨在为中国矿业界培养一批全球认可的可签署矿业市场技术公众报告、及项目可研和预可研报告等支持性文件的合格人才。国内29名有色、冶金、煤炭等相关行业单位的矿业专家通过严格筛选,参加了培训。

1月15日,在AusIMM学会中国籍入选院士颁证仪式上,中国恩菲副总工程师熊小放获颁证书,成为国内第一批加入AusIMM的高级矿业专家。

“通过持有JORC认证资质,建立与以JORC规范为代表的国际矿业市场规则相一致的规范体系,我们才能够进一步开拓国际矿业咨询市场,加速国际化进程。”

在熊小放看来,这项工作为我国合格人制度的建设开创了先河,对中国矿业资本市场发展具有划时代的意义。

“在走出去的过程中,我们不能总是‘听命于人’,要牢牢握住自己的签字权,才能使中国的矿业企业真正在国际市场上立足。”熊小放认为,培养满足国际市场需求的矿业人才,是恩菲的职责所在,也是整个行业目前急需正视的问题。

### 中国第一座无废矿山——南京栖霞山铅锌银矿

该矿位于著名的南京栖霞山风景区,采用上向水平分层充填法采矿、尾矿充填和尾矿资源化、选矿废水处理与循环利用等多项新技术,实现了矿山固体废物和废水的零排放,于上世纪80年代初建成,是我国第一座无废矿山。



于润沧 中国工程院院士、中国恩菲高级顾问专家。我国著名采矿专家,中国有色金属矿山工程设计领域的主要开拓者之一。

记者:今年两会上,平衡经济发展与生态环境之间关系仍然是代表委员们热议的话题,对此习近平总书记也进行过“金山银山与绿水青山”的论述。传统的采矿行业发展,生态环境代价很高,对于金属矿山来说,如何能够降低对环境的伤害,走一条科学发展的道路?

于润沧:我们所说的“生态矿业工程”目的是在于解决社会经济发展和生态环境保护协同的问题。“生态工程”这一科学概念提出已有40多年的历史,“生态矿业工程”是它的一个分支,我国的金属矿山必须立足于构建生态矿业工程。

生态矿业工程要求企业在矿业项目规划、立项、设计、施工建设、生产、闭坑的全过程中,将环境保护和生态治理、生态修复融入项目,保证各阶段的资金投入,落实各阶段的社会责任,因此必须要有明确细致的法律法规来进行监管。

我国的《矿产资源法》涵盖内容比较单纯,不适应当前矿业发展,以及矿山生态环境保护的需要。所以我国亟须一部新的《矿业法》对行业运行进行规范和指导。

记者:在您看来,《矿业法》对于建立生态矿业工程能够起到什么样的作用?

于润沧:构建生态矿业工程的途径是,对每一个新建的金属矿业项目,首先要研究实现无废开采



熊小放 中国恩菲副总工程师、澳大利亚矿业冶金学会院士。

记者:目前我们的国内资源满足程度不高,几乎全部金属的对外依存度都不断攀升,面对还将持续增长的需求,国家应如何平衡供需矛盾?

熊小放:巧妇难为无米之炊。为满足我国经济发展需求,保障资源安全,我们首先需要提升自身资源水平,其中重要一环就是必须加大找矿勘探的力度,包括国内和国际范围。

但矿产行业的投资风险很高,特别是找矿勘探的风险更高;在有色金属找矿勘探中,从最先发现值得开展找矿的矿化迹象,到能够找到具备开发价值的中等规模以上的矿床,可能连1%的概率都不到;另外找矿勘探及建设周期非常长,一个大型矿山的建立,从找矿勘探到设计建设成为可以生产出矿产品的周期一般都在十年以上。这么高的风险,这么长的纯投资周期,谁来投资呢?以前是政府,但现在政府逐步在退出,要让市场发挥作用,就涉及到矿业投资机制的问题。中国政府在逐步退出找矿勘探市场时,中国的矿业开发主体目前仍以国有公司或国有控股公司为主,而纯粹的私人投资在中国目前的矿业投资中作用仍然非常有限,而且大多资本偏小,投机资本占比较大,真正投资于找矿勘探的私人资本非常有限。但实际上,中国证券市场投资者群体大,愿意从事风险投资的个人资本

### 专家建言

### 于润沧:制定《矿业法》刻不容缓

的可能性,立足于强化资源综合利用(包括非金属材料)、发展循环经济及废物资源化,做到不建尾矿库、不建设石场,无外排不达标废水,实现无废开采。

但目前看来,真正实现矿山的无废开采还有很长的一段路要走,而且也不是任何一个矿山都有条件实现无废开采的,所以我们必须要考虑的是怎样对已破坏的生态环境进行及时的恢复。在国外矿山项目的可行性研究中,有着非常重要的一部分内容叫做“闭坑规划”,要求在矿山建设之前就做好生态修复和生态治理的规划,明确责任资金和进度,这些都是以法律为依据的。

在我国《矿业法》缺位,《矿产资源法》没有生态保护的相应内容,恩菲承担的项目虽然在建设之初也试图制定闭坑规划,但执行中受到很多阻力,有些业主对其置之不理,原因就是没有法律的约束。

记者:除了生态保护,《矿业法》还应涵盖哪些内容?

于润沧:我国是矿业大国但还不是矿业强国。从有色行业的实际情况来看,目前铜铝铅锌镍这些资源完全靠国内是不行的,必须要从海外获取资源。所以要从实施全球矿产资源战略、建立境外资源供应保障体系等方面做一个全局的研究,形成指导方针。所以《矿业法》还应体现全球矿产资源战略的顶层设计意图;同时要根据我们的国情、社会特点,研究矿业企业怎么样安全高效经济的运行;税费如何有针对性征收;此外,在矿业领域怎么搞综合所有制,外资能不能进来,应该怎么立法,这些问题都是悬而未决的,需要《矿业法》给出答案。

### 熊小放:矿业投资也需要“新三板”

虽然分散但数量很大。澳大利亚、加拿大等国家,都是利用证券市场矿业的风险板块进行融资,筹集的资金用于找矿勘探,找到了,大家共享收益,没找到,大家共担风险。在这个市场中,不断地有资金补充进去,支撑着矿业的发展。一旦找矿成功,建设需要更大的资金时,再利用主板市场筹集资金,推进矿业项目开发。我认为,建立矿业风险市场,是矿业“走出去”的必要条件之一。

记者:您的意思是是否借鉴国外经验,在我们目前的资本市场中设立一个专门的矿业风险投资板块?

熊小放:是的,希望能在证券市场尽快建立一个专门的矿业投资风险板块或开辟一个独立的风险证券市场,目前有一些人士正在推动这个事情,也在筹备建立风险勘探的市场作为试点,希望能为资源勘探提供资金上的支持。希望他们能尽快取得成功。

记者:在此过程中有哪些需要注意的问题呢?

熊小放:中国矿业要保持持有矿产资源的满足程度,需要推进矿业市场的国际化,提高国内和海外找矿和矿业投资的成功率和力度。首先,我们迫切需要培养一批熟悉国际矿业规则和规范的矿业技术及管理方面的人才,同时需要尽快制定中国矿业市场发展需要的相关规则体系、规则,并尽快建立起中国自己的矿业风险投资市场,为在中国国内及国际的找矿勘探,集聚大家的资金,找到更多更好的矿产资源。