

中国稀土强国之梦

ZHONGGUO XITU QIANGGUO ZHIMENG

主编 马鹏起 窦学宏

稀土



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

中国稀土强国之梦

主编 马鹏起 窦学宏

冶金工业出版社

2017

内 容 提 要

本书分为发展篇、建言篇、求实篇三个部分。发展篇：根据作者经历和掌握的资料，回顾和论述世界与我国各稀土专业领域的发展概况与历史，特别是对改革开放以来我国稀土产业各领域的发展成就，进行了积极评价。建言篇：在对当前我国稀土产业存在问题进行客观分析的基础上，作者怀着对稀土事业深深的热爱和维护之情，建言献策，提出中肯意见和建议。求实篇：由于一段时期以来，国内外一些媒体出现对我国稀土产业发展不公正的评价，甚至舆论误导，干扰了我国稀土产业的健康发展。为此，本着实事求是的原则，选编了部分评论文章，以正视听。

本书可供从事稀土产业领域的科研人员、企业管理人员、高校师生阅读，也可供公务员、学者、创业者、出口商贸经理等参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国稀土强国之梦/马鹏起，窦学宏主编. —北京：冶金工业出版社，2017. 10

ISBN 978-7-5024-7627-4

I. ①中… II. ①马… ②窦… III. ①稀土金属—有色金属冶金—工业发展—研究—中国 IV. ①F426. 32

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第256451号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

策划编辑 谭学余 责任编辑 戈 兰 李培禄 美术编辑 彭子赫

版式设计 孙跃红 责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7627-4

冶金工业出版社出版发行；各地新华书店经销；三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2017年10月第1版，2017年10月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16；24.75印张；603千字；387页

118.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题，本社营销中心负责退换)

编者的话

祖国日益强盛，世界刮目相看。“十三五”开局之年，华夏大地生机盎然，习主席倡导的“一带一路”一片繁荣景象，我国稀土产业也面临深化改革、转型升级的大好时机。

新中国成立后，历届中央和政府领导都极其关注我国稀土产业的发展，并注入了任何西方国家无法比拟的人力、财力和物力。经过几代人半个多世纪的努力，我国稀土事业从无到有，从小到大，形成了采矿、选矿、冶炼、分离提纯、功能材料及应用器件、理化检测、情报信息等完整的稀土产业链。特别是改革开放以来，凭借稀土资源优势，依靠科技进步和自主知识产权，同时引进世界先进技术和设备，使我国稀土产品具有强大的市场竞争力，不断推进稀土产品高端化，使世界稀土产业中心由欧美及日本等发达国家转移到中国。由于大力发展稀土应用，我们也拥有了世界最大的稀土应用市场。这是改革开放结出的硕果，是值得我们国人骄傲的事。稀土作为“工业维生素”和“科技助推剂”，已应用到国民经济各个领域。中国经济的强劲发展处处闪烁着稀土的光辉。世界经济和科技的发展也分享了中国稀土的红利。

作为新中国成立后成长起来的一代中国稀土人，是包头白云鄂博让我们有幸与稀土结缘。我们从事稀土工作已超过半个世纪。由于终生眷恋稀土事业，如今虽已退出稀土一线，但仍密切关注着我国稀土产业的发展，并在不同领域尽可能地发挥着余热。为了与现在仍奋战在稀土一线的稀土人保持沟通交流，由我们几个八旬上下的老稀土人，自愿结合，组织编写了这本稀土选集。其中大部分作者是多年奋战在各稀土领域的专家学者，也有部分年富力强、经验丰富、现在仍工作在第一线的青年稀土工作者。

根据内容，我们将本书分为以下三个部分：

发展篇：根据作者经历和掌握的资料，回顾和论述世界与我国各稀土专业领域的发展概况与历史，特别是对改革开放以来我国稀土产业各领域的发展成就，进行了积极评价。

建言篇：在对当前我国稀土产业存在问题进行客观分析的基础上，大家怀着对稀土事业深深的热爱和关心之情，建言献策，提出中肯意见和建议。

求实篇：由于一段时期以来，国内外一些媒体出现对我国稀土产业发展不公正的评价，甚至舆论误导，干扰了我国稀土产业的健康发展。为此，我们本着实事求是的原则，选编了部分评论文章，以正视听。

编选本书的目的，就是为了充分肯定改革开放以来我国稀土产业取得的巨大成就，切实总结好我国稀土产业成功经验，认真从走过的弯路中汲取教训，以推动我国稀土产业更加健康持续的发展。发展是硬道理，必须通过深化改革开放和创新，把我国稀土融入世界人类命运共同体，不断提升稀土产业和技术水平，才能真正把我国从稀土大国打造成稀土强国。

本书的宗旨就是：不忘初心，筑梦稀土。为此，我们选用《中国稀土强国之梦》这一书名。书中凡是在刊物和会议上公开发表的文章，均加以注明。凡本次特约文章不再注明出处及参考文献。文后均附有作者简介。

本书在编辑和出版过程中得到了包头稀土研究院领导的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。对受邀为本书提供论文的国内稀土专家表示真挚的谢意。

本书编辑组成员：马鹏起、窦学宏、陈希颖、熊家齐、李良才、倪德祯、闫宏伟、冯巍珉。

因水平有限，不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2017年8月

目 录

发 展 篇

从白云鄂博稀土资源开发利用谈稀土再认识	杨占峰	3
我国稀土采矿技术进步	高海洲 袁长林 丁嘉榆	13
我国及世界稀土资源	张培善	29
我国稀土产业发展的历史见证	红 枫	33
稀土 古往今来的那些事	熊家齐	43
离子型稀土产业发展历程与趋势	孟庆江	51
中国稀土谷 崛起创辉煌	杨万喜 宋洪芳 窦学宏	59
串级萃取理论在稀土选矿中的应用	马鹏起	70
包头稀土清洁高效冶炼工艺的新突破	李 梅 张栋梁 高 凯 张国光	77
中国稀土冶炼技术的创新与发展	李良才	81
钪资源及其应用	李小钢 徐广尧	85
我国稀土分析检测技术发展展望	倪德楨	92
着力抓紧多功能性低成本富余稀土轻合金先进结构材料的研发及应用	唐定骧 张洪杰 孟 健 鲁化一 等	99
我国稀土钢发展进程	陈希颖	112
稀土在机动车尾气净化技术中的应用	徐海迪 陈耀强	120
NdFeB 新生产工艺	谢宏祖	129
烧结钕铁硼稀土永磁现状及未来发展	刘国征 刘思德	135
为丁肇中阿尔法磁谱仪提供高性能钕铁硼磁体的历史回顾	谢宏祖	144
稀土永磁材料在核磁共振中的应用	邢志强	147
我国稀土发光材料的进展	洪广言	160
匠心演绎 光影天地	吴 虹	171
镧铈储氢合金的研发现状与应用前景	朱惜林	173
稀土储氢材料产业技术的发展与创新	闫慧忠	178
稀土新电池纯电动公交车与稀土高效平衡利用发展战略	韩世幸	187
镍氢电池在乘用车市场的应用现状和前景	白文平	192
加快包头稀土镁铝合金产业的发展	徐广尧 高永生 徐来自	196
稀土硅铁合金及稀土镁铝合金生产与应用市场分析	孟庆江	202
包头铌精矿冶炼铌钛铁合金新工艺的研究	李小钢 张志宏 徐广尧 刘玉宝	205

稀土磁制冷研发现状及应用展望	黄焦宏 程娟	209
稀土在 PVC 稳定剂中的应用	曹鸿璋	215
稀土抛光粉发展现状与未来趋势	窦宁	221
白云鄂博矿中氟资源的开发利用	李小钢 徐广尧 高永生	徐来自 234
氯化铵废水资源化处理和循环利用技术	曹建党	239
中国稀土的环保创新之路	马鹏起	246

建 言 篇

我国稀土资源究竟有多少?	窦学宏	255
保护稀土资源 推进行业整合	张安文	259
强化管理 保护资源 科学开发 联合对外	谷力军	263
关于钽资源综合回收及开发利用建议	唐定骧 鲁化一	265
加快包头钽资源收储的建议	徐广尧 高永生 徐来自	275
稀土材料及技术替代策略分析	张安文	280
中国稀土是否将失去世界第一	窦学宏	285
对当前我国稀土行业发展中几个问题的认识	孟庆江	287
稀土产业需要一个珍惜培育和稳定的市场	吴玉良 马鹏起	289
强化推广应用是稀土产业生存发展的根本出路	张安文	293
中国稀土应该全方位走出去	窦学宏	295
加快推广应用是稀土供给侧改革的重中之重	王仲山	299
关于当前稀土行业现状评析	孟庆江	300
新常态下的稀土产业与市场	马鹏起	305
全球稀土将形成多元化供应格局	李桂芬 张安文	309
调整政策 撬动市场 拉动内需 改革创新 稳中求进	王仲山	316
环保短板亟待弥补	王鸿儒	320
WTO 稀土案败诉引起的思考	窦学宏	323
发挥余热 建言献策		325

求 实 篇

尊重我国稀土产业发展的历史	红枫	329
稀土为国家创造巨大效益	卢忠效	332
中国稀土为改革开放经济社会发展带来极大利益	王仲山	338
谈稀土概念四大误区	张安文	341
中国稀土要谨防舆论误导	窦学宏	343
驳中国稀土资源“枯竭论”	窦学宏	347
关于稀土贱卖“白菜价”	窦学宏	352
也谈中国稀土“被妖魔化”	窦学宏	354

稀土创造光与影的奇迹	吴 虹	359
慎防中国稀土出现怪圈	王仲山	361
当前我国稀土产业敏感和热点问题的分析与思考	孟庆江	364
世界不存在稀土资源危机	窦学宏	368
世界第一稀土大国名副其实	马鹏起	374



发展篇

从白云鄂博稀土资源开发利用谈稀土再认识

杨占峰

白云鄂博矿床是世界最大的稀土矿床，矿床自西向东依次由西矿、主矿、东矿和东部接触带等矿体组成，矿区面积达 48km²，是铁、稀土、铈等多元素共伴生的大型矿床，主要稀土矿物为氟碳铈矿和独居石。

白云鄂博矿的发现、勘探和开采及综合利用与我国稀土工业的产生和发展有着紧密联系，本文循着白云鄂博主、东矿体的开发历史，回顾了中国稀土产业的形成与发展历程，并提出了稀土行业当前与未来发展过程中需要进一步认识的问题。

1 白云鄂博矿床的开发利用

1.1 白云鄂博矿床的发现与勘探（1927 年—）

白云鄂博矿床由我国地质学家丁道衡发现。1927 年，丁道衡先生随中瑞西北科学考察团考察，7 月 3 日在路经白云鄂博附近时，发现有铁矿石散布，便追索至白云鄂博，并进行了简单的地质踏勘工作，绘制了 1：20000 地形地质图，随后编写了调查报告《绥远白云鄂博铁矿报告》，发表在 1933 年出版的《地质汇报》上，首次将白云鄂博矿公之于众。矿物学家何作霖先生在丁道衡带回的白云鄂博岩矿标本中发现了两种稀土矿物，分别命名为“白云矿”和“鄂博矿”，并撰写了《绥远白云鄂博稀土类矿物的初步研究》科学报告，报告中阐述了白云鄂博矿物中稀土的存在，并刊登在 1935 年《中国地质学会会志》第 14 卷第 2 期，从此向世人揭开了白云鄂博稀土矿的神秘面纱。

1944 年 6 月，日伪华北开发公司资源调查局曾派地质人员对白云鄂博进行了长达 70 余天的地质调查研究，提交了《绥远百灵庙白云鄂博附近铁矿》报告，指出对镧、铈等矿物应引起特别注意。

新中国成立后，1949 年 12 月召开的全国钢铁工业会议决定对白云鄂博进行资源调查。1950 年 5 月 18 日，矿床地质学家严坤元带领“中央人民政府白云鄂博地质调查队”（后改称为“地质部华北地质局 241 地质勘探大队”）进驻白云鄂博，展开了新中国成立以来最大规模的白云鄂博地质勘探工作，完成钻孔 145 个，探槽 140 条，探矿坑道 653m，采样 19500 余个。1954 年 12 月 28 日，完成了《内蒙古白云鄂博铁矿主、东矿地质勘探报告》。1955 年 3 月 28 日，全国储委会议 15 号决议书批准该报告。按与前苏联的协定，准时送达列宁格勒设计院进行开采设计。

1963 年，国家科委为合理利用白云鄂博矿产资源，在北京召开了第一次“415”会议。根据会议精神成立的 105 地质队对白云鄂博矿床的矿石物质成分、稀土及稀有元素的赋存状态、分布规律、资源情况展开全面的勘察工作。105 地质队经过三年地质勘查工作，于 1966 年提交了《内蒙古白云鄂博铁矿稀土稀有元素综合评价报告》，同时著有《白

云鄂博矿区矿床地质特征与成矿规律研究》、《白云鄂博矿区矿石矿物志》等极具价值的文献。

1.2 白云鄂博矿床的设计与开采（1955年—）

根据全国储委批准的白云鄂博铁矿石储量、地质条件及赋存特征，规划主、东矿采用露天开采方式，开采规模为年生产铁矿石 1200 万吨，匹配中央批准包钢年产钢 316.5 万吨的规模。原“苏联国立采矿设计院（列宁格勒分院）”于 1955 年完成了白云鄂博主、东矿开采的初步设计。设计中明确：开采出的铁矿石供应包钢高炉炼铁，开采出的铁矿围岩中的稀土矿和铈矿则按有用矿物进行分类堆存。

按照白云鄂博矿的矿床规模，国家“一五”规划在包头建设钢厂。1954 年，包头钢铁公司成立，1957 年白云鄂博主矿正式开采。1959 年 9 月 26 日，当时我国最大的容量为 1513m³ 的包钢 1 号高炉顺利出铁，时任中共中央副主席、国务院总理周恩来为高炉出铁剪彩。

1.3 白云鄂博矿床的稀土资源研究与开发

白云鄂博大型稀土矿床被发现以来，国内外相关领域的科研人员无不对此兴趣浓厚，特别是地质工作者，以拥有一块白云鄂博矿石标本而感到自豪，甚至以亲眼目睹一次白云鄂博矿为人生愿望，若能亲自参与相关的研究工作更是倍感荣幸。

日伪时期曾有矿样移送研究单位，勘探时期苏联专家全程指导并拥有全部资料，开采初期有大量矿样送往我国有关钢厂做试验研究，计划经济时期聂荣臻副总理、方毅副总理亲自督导，举全国科研之力开展白云鄂博资源综合利用攻关。白云鄂博矿的矿样全部含有稀土，样品获得者都能开展简单的分析研究，然而真正开展大规模的稀土研究是在白云鄂博投产以后。改革开放后的三十多年来，稀土资源的开发利用才取得实质性突破。

1.3.1 矿床地质研究

白云鄂博矿床地质研究从未间断。中国科学院地质研究所和地球化学研究所、地质部地质科学研究所、冶金部地质研究所、包头冶金研究所、天津冶金地质研究院、贵阳地球化学研究所和北京大学等十几个单位分别从基础地质、稀有元素及稀土矿物学、地球化学、矿石物质成分、同位素地质及成矿机理等方面进行了研究，曾出版《白云鄂博矿物学》、《白云鄂博矿床地球化学》、《白云鄂博矿床地质特征和成因论证》等系列著作。

1958~1959 年，中国科学院和苏联科学院与白云鄂博矿山组成合作地质队，由何作霖教授和索科洛夫教授任队长，以稀土物质成分分析和利用为重点，着重开展了白云鄂博的矿床地质、地层构造、矿物岩石学、地球化学、成矿规律等方面的科学研究，查明了矿区主要稀土矿物种类和分布；研究了主要稀土矿物和矿石类型中稀土元素的含量；划分了铁、稀土矿石类型；对矿区稀土的利用做了初步评价，指出白云鄂博系一综合性矿床。同时编写了《内蒙古白云鄂博铁-氟-稀土和稀有矿床研究总结报告》，为后来全面开展白云鄂博稀土资源研究和开发利用奠定了坚实的基础。

1.3.2 成立专业研究机构

1960 年 10 月 29 日，聂荣臻副总理视察包头时指示成立稀土、稀有研究中心，随后成

立了包钢冶金研究所（包头稀土研究院前身），陆续从北京钢铁研究总院、有色金属研究院、黑色冶金设计院、矿冶研究院等四个单位调入 318 人，开始专门研究白云鄂博矿的资源开发和综合利用。同时配套建设了稀土选矿和稀土湿法冶金试验厂，即 704 厂和 8861 厂。

1962 年 6 月 10 日，冶金部部长吕东在部务会上传达时任国务院副总理、国家科委主任聂荣臻关于建立包头稀有稀土研究所的指示，开发包头稀土必须建设一个国家级研究机构。1963 年 4 月 1 日，包钢冶金研究所更名为包头冶金研究所，划归冶金工业部直接领导管理，同时把 704 厂和 8861 厂划归包头冶金研究所作为科研试验厂。

1.3.3 稀土选矿研究

在研究白云鄂博稀土矿物之前，我国的稀土矿物研究仅限于海滨砂中独居石范围，系统的稀土矿物研究几乎处于空白状态，没有可借鉴的经验。包头冶金研究所成立之前，国家科委已组织中科院上海冶金陶瓷研究所、中科院长沙矿冶研究院、中科院长春应用化学研究所和冶金工业部有关科研单位对矿物的加工提取做了大量研究。在国家部委的领导下，全国最大的稀土专业研究机构——包头冶金研究所联合国内企业和其他研究院所，以白云鄂博矿床的利用为目的，从矿物分析入手，逐步系统地开展了选矿、冶金和材料应用研究。

1969 年，用重选法从白云鄂博矿的浮选泡沫中选出品位 30%（REO，下同）左右的稀土精矿。1976 年，包头稀土院、北京有色院广东分院、包钢选矿厂、包钢有色三厂进行了工业试验，得到品位 $\geq 60\%$ 的稀土精矿。1982~1983 年，包头冶金研究所和包钢选矿厂用 N-羟基环烷酸酰胺为稀土矿物的捕收剂，得到稀土品位 71.07%，回收率为 73.59% 的稀土精矿。1984~1986 年，包头稀土研究院黄林旋等研制出 H205 稀土捕收剂，不仅在浮选效果上与 N-羟基环烷酸酰胺基本相同，同时还去除了浮选时使用的氟硅酸钠有毒药剂，达到了有利于环保的目的。至今，H205 系列已成为我国稀土选矿中不可或缺的捕收剂

1.3.4 稀土钢研究

遵照聂荣臻元帅把稀土用到钢中的指示，1963 年成立的包头冶金研究所设置了总共 100 多人的新稀土钢种研究室和金属物理研究室两个基本研究室。1978 年冶金部稀土在钢铁中应用领导小组成立，领导小组办公室设在包头冶金研究所。研究人员与国内稀土钢生产研究基地包钢、鞍钢、武钢、大冶钢厂和上钢三厂等合作解决了稀土在钢中应用的两大难题。一是稀土在钢中应用的机理；二是稀土加入方法。促进了稀土在钢铁中应用的逐步发展，稀土在钢中的应用研究和稀土钢生产取得很大成绩。八十年代后期，我国稀土钢年产量一度达到 100 万吨以上，可正常供应 64 个钢号产品。这些研究成果也推动了白云鄂博稀土在铁、有色金属和其他领域中的应用研究。

1.3.5 稀土分离研究

1967 年，采用 P204 萃取法从包头稀土精矿碳酸钠焙烧硫酸浸出液萃取铈钪，制取 99% 氧化铈和混合氯化稀土产品。

1979~1982 年，完成 P507 盐酸体系轻中稀土全萃取连续分离工艺实验，得到镧、铈、

镨、钕、钐、钷六种单一稀土产品（纯度为 99%~99.95%）和 91%~99%的氧化铈。1983 年稀土研究院和包钢稀土三厂在该厂建立试验车间并进行工业试验，1985 年转入生产运行，该工艺得到国内许多萃取分离厂采用，促进了我国单一稀土深加工产品的发展。

1.3.6 稀土金属与合金研究

包头稀土研究院于 1963 年针对白云鄂博矿开展了稀土氯化物熔盐电解制取稀土金属的研究。1972~1978 年，进行了稀土氧化物熔盐电解制取稀土金属的小型试验和扩大化试验。1983~1984 年，完成了“氧化物电解法连续制取钕-铁合金和金属钕”。1998~2001 年，完成了“万安培熔盐电解关键技术与成套设备的研制”。2005 年完成“25kA 氟化物体系熔盐电解氧化钕工艺及设备研究开发”，氧化物电解生产金属钕工艺的工业化助推了我国钕铁硼行业的发展。

1.3.7 钕铁硼磁性材料研究

1983 年底，日本公布钕铁硼专利后，冶金部组织了以北京钢铁研究总院和包头稀土研究院作为组长单位的攻关团队，在一年内就完成了攻关任务，磁能积达到 38MGOe。1985 年冶金部军工办决定在包头稀土研究院建设年产 40t 钕铁硼中试车间，1987 年项目建成投产，标志着中国钕铁硼产业的诞生。1989 年谢宏祖团队提出了钕铁硼无氧生产工艺理论，同年，实验室规模钕铁硼永磁体磁能积达到 52.2MGOe，超过了日本，成为当时国际上的最高水平。

1.3.8 其他稀土材料研究

随着白云鄂博矿稀土分离、冶炼技术的突破及工艺技术的成熟和推广，稀土在各个领域中的应用不断拓展和深入。

1969 年开始了稀土储氢材料的研究，1976 年陆续研制出 LaNi_5 等多种储氢合金，1980 年试制了我国第一辆使用 LaNi_5 储氢合金的汽车。

1969~1982 年开展了铬酸镧发热材料的研究，1999 年建设了“大尺寸等直径铬酸镧发热元件中试生产线”。

1988~1992 年三基色荧光粉研究取得突破。

1987~2000 年，持续开展稀土磁致伸缩材料的研究，并建立了中试生产线。此外，稀土非晶材料、靶材、抛光粉、磁制冷材料等一系列功能材料都陆续取得重大的突破。稀土元素的神奇作用在更广泛的领域里得到了拓展。

2 我国稀土产业的形成与发展

2.1 稀土产品出现与推广应用（1959 年—）

1959 年底，包钢稀土试验厂生产出第一炉稀土硅铁合金，标志着我国工业规模自制的第一个稀土产品诞生。

H205 特效浮选药剂的工业化应用标志着白云鄂博稀土选矿技术的突破，也标志着从白云鄂博稀土矿中能够提供满足分离使用的各种品级的稀土精矿产品，该成果在白云鄂博

矿综合回收稀土和其他地区稀土矿浮选生产中得到广泛应用。

北京大学教授徐光宪院士的稀土串级萃取理论的工业化应用使得稀土萃取分离技术提高到国际领先水平。单一萃取分离指标（品位和回收率）可以达到预先设计和人们所希望要求的指标。该理论的应用和在全国的推广使得我国稀土产业得到快速发展。

稀土产品在铸铁炼钢、有色冶金、玻璃陶瓷、橡胶塑料、石油化工、纺织印染等各个领域的应用推广，为稀土产业的形成奠定了基础。

2.2 稀土产业的形成（1986年—）

白云鄂博稀土资源科研的技术突破诞生了众多稀土应用产品。稀土产品的广泛应用和大量出口带来了巨大的市场需求，稀土企业如雨后春笋般蓬勃发展。稀土下游材料企业对原料的需求拉动了稀土矿的开采和分离厂的建设。随着稀土选、冶、分离技术的推广应用，我国四川和山东的轻稀土矿、南方以中重稀土为主的离子型矿、海滨沙矿和独居石矿逐步开发并形成规模生产。

2.2.1 矿产品加工

依托白云鄂博丰富的稀土资源，包钢为整个稀土下游用户提供稀土精矿粉和氧化物产品，创造了巨大的财富。

1997年，稀土行业的第一个上市公司“稀土高科”在上交所正式挂牌，标志着白云鄂博成为全国乃至全球最具竞争力的稀土原料基地。

2.2.2 单一氧化物和各种盐类制造

1997年，内蒙古稀土高科技股份有限公司年产3000t白云鄂博稀土氧化物分离工程开工。2002年3月，包头市京瑞新材料有限公司成立，主营产品为发光材料用荧光级氧化铈、氧化铽和氧化镱，其中氧化铈的年产能为100t。

2.2.3 金属和合金制造

1997~2001年，完成了万安培熔盐电解关键技术与成套设备的研制工作。2002年建立了包头瑞鑫稀土金属材料股份有限公司，利用白云鄂博资源形成了每年8000t稀土金属的产能。

2.2.4 功能材料

1990年，包头稀土研究院、南开大学、天津18所合作开展了镍氢电池的研究，并在广东中山开发区建立稀土储氢合金中间试验厂，1993年与中山开发区合资成立包钢中山天骄公司，生产稀土储氢合金。

1984年，13所采用包头稀土研究院研制的2:17钐钴材料，装配在海空导航用微电机，性能超过原样机的15%~20%。2000年，成立“包头市蒙稀磁业有限公司”。

在1987年包头稀土研究院建立第一条年产40t钕铁硼磁性材料生产线的基础上，2009年成立“包钢稀土磁材材料有限责任公司”，设计能力年产1万吨磁体。

1995年，世界最大的稀土抛光粉企业包头天骄清美稀土抛光粉有限公司成立，利用白

云鄂博资源形成近 5000t 稀土抛光粉产能。

1974 年，荷兰的飞利浦公司成功研制了灯用三基色荧光粉之后，稀土发光材料产业飞速发展，中国稀土发光材料产能从 1982 年的 1.2t 发展到 2010 年的 8000t。

2.3 稀土产业的快速发展（2000 年—）

进入 21 世纪，稀土产业迎来了快速发展期，由于我国经济快速发展的拉动及稀土下游产业需求不断增加，以钕铁硼产业为代表的稀土新材料产业的快速发展引领了整个稀土行业的迅猛发展。

这一时期中国不仅成为钕铁硼磁体最大生产国，也成为世界钕铁硼磁体的最大消费市场。世界各国消费钕铁硼磁体的产业，例如光电子产业、医疗设备（MRI）产业也在加速向中国转移。国内电动自行车产业、光电子产业及其他低端稀土永磁应用产业（如包装、装饰等行业）也在高速发展。未来新能源汽车行业的发展对稀土永磁材料的需求将持续增大。

稀土应用领域不断拓展，应用产业规模不断扩大。稀土除在冶金、玻璃、陶瓷、石油化工、纺织印染等传统领域中应用外，在新材料、新能源和环保等产业的应用量也不断扩大。稀土磁性、催化材料产量年均增幅超过 15%，稀土磁性、发光、储氢等主要功能材料产量占全球总产量 70% 以上。国产汽车尾气催化剂和器件、稀土脱硝催化剂、高端稀土激光晶体、闪烁晶体、超高纯稀土金属和化合物和高性能稀土合金等关键制备技术取得突破，也为稀土新材料应用注入了强劲动力。

经过 21 世纪十几年的发展，我国稀土产业集中度大幅提高，稀土冶炼分离企业从 99 个压缩到 59 个，冶炼分离产能从 40 万吨缩减到 30 万吨，扭转了稀土矿山企业“多、小、散”的局面，六家稀土大集团主导市场的格局初步形成。稀土产品结构进一步优化，以资源开采、冶炼分离和初级产品加工为主的产业结构加快向以中高端材料和应用产品为主的方向转变，80% 以上的稀土产品被用于制造磁性、催化、储氢、发光、抛光等功能材料。

2.4 稀土行业的治理整顿（2011 年—）

2011 年是我国稀土行业不平凡的一年，稀土价格的非理性暴涨引发了非法开采猖獗，加工、贸易、出口等环节出现混乱局面；稀土原料价格的上涨抑制了下游稀土的应用，下游应用企业积极寻求替代品，降低对稀土的依赖度，给整个稀土行业的发展带来了不利的影响。国外稀土资源的重启也将使我国在世界稀土领域的地位和影响力下降。

2011 年 5 月，国务院颁布了《国务院关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》（国发〔2011〕12 号），工业和信息化部、国土资源部、环境保护部等国务院有关部门相继出台了实施稀土开采、生产管理办法、环保和行业准入等政策措施。

2012 年 4 月 8 日，中国稀土行业协会成立，进一步促进稀土行业健康发展。

2012 年后，中国政府先后启动了国家稀土战略收储、稀土大集团组建，打击稀土行业违法违规行为专项行动，稀土矿产品和冶炼分离产品销售环节实行稀土增值税专用发票等一系列治理整顿政策和措施。

尽管国家相继颁发的一系列政策措施对加强稀土行业的监管保护起到重要作用，但稀土原料产品产能过剩、行业集中度低，加上受欧债危机及中国经济减速影响，2012 年我

国稀土行业呈持续振荡走低态势。全球稀土消费量跌破 10 万吨 (REO)。2013~2014 年,受国内外宏观经济形势影响,稀土市场需求不足,稀土价格回弹乏力,中国稀土行业经受了较大的下行压力。2015 年后,面对取消稀土出口配额、调整关税和国内外市场持续低迷等形势变化,工信部会同有关部门,积极推进稀土资源税改革、加快大集团组建步伐、进一步打击违法违规行为、发展下游应用产业和稀有金属立法等重点工作。2016 年制定了《稀土行业发展规划(2016—2020 年)》,为稀土行业“十三五”期间的发展指明了方向。

近年来,稀土行业认真贯彻落实《国务院关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》的要求,加强资源保护,积极推进上游产业重组,整顿流通秩序,实施稀土清洁冶炼工艺,提升装备技术,保持生产活动的稳定,为行业转型升级蓄积了发展力量,同时稀土开采、生产、出口秩序好转,行业发展保持良好势头。

3 对我国稀土产业发展的再认识

中国的稀土应用开发从白云鄂博的矿物研究开始到现在已走过近 60 年的历史,广大稀土科研人员在稀土地质勘探、采矿、选矿、分离冶炼等方面的技术突破和稀土在传统领域及新材料领域的应用研究极大地推动了行业的进步。随着我国战略性新兴产业、“中国制造 2025”、“互联网+”等国家战略的陆续实施,智能制造、高端装备、新能源、节能环保等新兴产业将加快发展,稀土作为支撑相关产业发展的重要元素,发展空间广阔。

稀土产业不同于其他传统工业,人们对刚刚发展了几十年的稀土产业的认识和把控还有待于进一步提高。如何把我国稀土产业的资源优势转化为经济优势和国力优势并且达到可持续发展,需要认真总结和研究,需要分析过去成功的经验,结合目前的形势和任务,对稀土行业的过去、现在和未来进行再认识。

所谓再认识就是对稀土产业发展树立“创新、协调、绿色、开放、共享”的新理念。提出稀土发展新思路、新任务,结合当前面临的实际问题对稀土产业链的“资源、科研、生产、应用、市场”等各个方面进行重新审视。

3.1 稀土不稀的认识

自 1957 年白云鄂博矿床开采以来,一直按照铁矿开采,露天采场境界内圈定的铁矿体以外的含稀土围岩在开采过程中都按照稀土矿单独堆存起来,被开采的铁矿体选矿顺序是先选铁矿物再选稀土矿物。由于稀土的用量有限,稀土选矿只选出很小部分稀土精矿,大部分稀土矿物被排到尾矿库。白云鄂博铁矿石中稀土平均含量为 6%,围岩中白云岩稀土平均含量为 4%,按年生产铁矿石 1000 万吨计算,每年铁矿石和围岩中产出的稀土氧化物总量约 100 万吨。

目前采纳的白云鄂博矿床储量数据仍是 20 世纪 50 年代的勘探数据,因受限于当时铁矿石的需求量和勘探技术手段,整个矿床并未完全勘探清楚,铁矿体外围和地表 500m 以下就未做详细的勘查工作,因此,20 世纪 50 年代勘探的稀土储量数据并不完整。

白云鄂博中重稀土绝对储量大。白云鄂博是一个以氟碳铈矿和独居石矿为主的轻稀土矿床,但由于其总体稀土含量高,储量大,重稀土资源不可小觑。白云鄂博铁矿石中仅钇、铈、镨、钕四种元素含量就超过 0.05%,部分中重稀土元素含量还超过了我国南方离子型矿。