



中国有色金属工业协会专家委员会组织编写

有色金属系列丛书

中国稀土

RE

ZHONGGUO XITU



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



中国有色金属工业协会专家委员会组织编写

有色金属系列丛书

中国稀土

北 京

冶金工业出版社

2015

内 容 提 要

本书共分八篇,内容包括:概述,稀土资源状况,稀土采矿和选矿,稀土冶炼,稀土材料,稀土应用市场,稀土行业政策,世界主要稀土企业等。

本书浅显易懂,适合于关心、从事稀土行业管理、生产及教学和研究机构的有关人员参考。

本书由北京有色金属研究总院编纂定稿。

图书在版编目(CIP)数据

中国稀土/中国有色金属工业协会主编. —北京:冶金工业出版社, 2015

(有色金属系列丛书)

ISBN 978-7-5024-6807-1

I. ①中… II. ①中… III. ①稀土金属—有色金属冶金—冶金工业—中国 IV. ①F426.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 276592 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 yjbs@cnmp.com.cn

责任编辑 张熙莹 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6807-1

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

2015 年 1 月第 1 版, 2015 年 1 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 8.75 印张; 173 千字; 262 页

36.00 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 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

《有色金属系列丛书》

编辑委员会

主任委员 陈全训

常务副主任委员 高德柱

副主任委员 赵家生 丁学全 贾明星

尚福山 王健 文献军

潘文举 王琴华

总编 贾明星

副总编 张洪国 王华俊 李宴武

王恭敏 潘家柱 钮因健

周菊秋 吴金生

编辑 王惠芬 孙秀敏 徐国端

王繁滨 张龙 钟琼

刘华 邵朱强 杨鹏

《中国稀土》编辑委员会

顾 问 张国成 王彩凤 卢忠效 刘余九

王国珍 黄世兴

主 编 黄小卫 李红卫

主要编写人员（按姓氏笔画排序）

于 瀛 于敦波 王志强 王良士

王春梅 龙志奇 冯宗玉 庄卫东

刘元红 刘玉柱 刘向生 刘荣辉

闫文龙 李扩社 李红卫 李宗安

余金秋 应启明 应妮娟 张小伟

张永奇 张志琦 陈德宏 苗睿瑛

罗 阳 赵 娜 郝红蕊 胡 斌

胡权霞 胡运生 夏 天 徐会兵

郭栩毅 黄 莉 黄小卫 崔 磊

崔大立 崔梅生 蒋利军 曾 佳

温晓帆 颜世宏

序



为适应有色金属工业发展的需要，普及和提高有色金属知识，提升全国有色金属战线广大干部职工的思想业务素质，促进我国从有色金属生产大国向有色金属工业强国的转变，中国有色金属工业协会组织编写了《中国铜业》等《有色金属系列丛书》（共21本）。《丛书》集中了全行业的智慧和力量，汇集了当今中国乃至世界有色金属领域的最新知识和信息，深入浅出，通俗易懂，融知识性、实用性为一体，是社会各界学习和提高有色金属知识的好教材和实用工具书。

有色金属是经济社会发展必不可少的基础材料和重要战略物资。有色金属作为功能材料和结构材料而广泛应用于人类生活的各个领域，成为当今高新技术发展和国防军工的重要支撑。有色金属的生产和消费水平已经成为衡量一个国家社会进步的重

要标志。

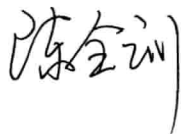
中国是生产有色金属品种最全的国家，门捷列夫化学元素周期表中的 64 种元素的有色金属都能生产。中国是世界生产和消费有色金属最多的国家，到 2011 年十种有色金属产量已达 3438 万吨（快报数），连续 10 年位居世界第一，年消费有色金属已达 3580 万吨以上，连续 9 年位居世界第一。目前全国已有有色金属企业、事业单位 3 万多家，就业人员 360 多万。

有色金属涵盖的金属品种多。在元素周期表中，除了黑色金属铁、锰、铬，铜系和超铜系放射性金属元素外，余下 64 种都为有色金属元素。有色金属成矿条件复杂，矿床类型多样，矿体形态变化大，元素组合多样，勘探难度大，而且需要综合勘探、综合评价。有色金属结构复杂，多种矿物相嵌共伴生关系密切，选矿和冶炼的技术、装备复杂，工艺流程长。有色金属应用领域广，用途千差万别，材料的研制和加工复杂。有色金属元素在原矿中含量低，富集比都在几十、几百、几千甚至几万，导致在采矿、选矿和冶炼过程中固体废物多，节能环保压力大，工艺技术复杂。综合上述不

难看出，有色金属产业是固体矿产资源开发利用领域最复杂的产业，有色金属知识领域宽广、博大精深。

建设现代化的有色金属工业强国是全行业 360 多万职工为之奋斗的目标。我相信，《丛书》的出版发行，对增进全社会对有色金属工业的了解，推动全行业广大干部职工学习和掌握有色金属知识必将发挥积极重要的作用。让我们行动起来，为促进我国有色金属工业的持续、稳定发展，为实现有色金属工业发展的既定目标而奋勇前进。

中国有色金属工业协会会长



2012 年 8 月于北京

前 言



中国是世界稀土资源最丰富的国家，稀土资源优势不仅表现为储量大，而且具有矿物种类齐全、质量好、易采选等特点。中国丰富的轻稀土、中重稀土资源在组分上优势互补，能满足不同应用领域对稀土产品的全面需求，使中国稀土产业在激烈的国际市场竞争中拥有整体优势。

改革开放以来，随着科学技术的进步，中国稀土工业化水平迅速提高，产量快速增长，1986年一跃成为世界稀土生产第一大国。目前中国稀土冶炼分离产品的产量为12万吨左右（以稀土氧化物计，下同），占世界总产量的90%以上，处于主导和支配地位，为世界经济发展和繁荣作出了重要贡献。

为适应稀土工业发展及满足社会各界正确了解和掌握稀土知识的需要，中国有色金属工业协会组织北京有色金属研究总院相关专家编写了本书，供关注、关心和从事稀土行业的有关人员学习参考。

本书由黄小卫、李红卫任主编，由北京有色金属研究总院相关专家共同编写。本书是一本综合性的科普类参考书，总结了我国稀土工业发展历程、稀土资源及开发利用现状、稀土材料发展状况及应用市场、稀土行业政策以及世界主要稀土企业等，主要参考了《稀土》(1978 年第一版、1995 年第二版，冶金工业出版社出版)、《稀土及其应用原理浅说》(1993 年中国稀土学会出版)、《稀土元素化学及应用》(1995 年全国稀土信息网出版)及《稀土农林研究与应用》(2000 年冶金工业出版社出版)等著作，并引用了一部分有参考价值的国内外文献资料。在此，向支持和协助本书编写的有关单位和稀土界同仁致以崇高的敬意和衷心的感谢。

由于稀土涉及领域广、专业性强，在资料的搜集和整理方面还不够全面，书中的不当之处敬请广大读者予以批评指正。

编 者
2014 年 5 月

目 录



第一篇 概述 1

第一章 稀土工业的发展概况 1

第一节 国外稀土工业的发展 2

第二节 中国稀土工业的发展 5

第三节 稀土产业链 12

第二章 稀土及其主要化合物的性质与用途 14

第一节 稀土金属及其主要性质 14

第二节 稀土元素的主要化合物 16

第三节 稀土及其化合物的用途 19

第二篇 稀土资源状况 25

第一章 稀土矿物资源 25

第一节 稀土元素在地壳中的丰度 25

第二节 主要稀土矿物 26

第二章 稀土资源储量及分布特点 30

第一节 世界稀土储量及分布 30

第二节 中国稀土储量及分布 32

第三节 中国稀土资源特点	36
--------------------	----

第三篇 稀土采矿和选矿

39

第一章 稀土矿开采	39
-----------------	----

第一节 白云鄂博稀土矿开采	39
---------------------	----

第二节 四川稀土矿开采	41
-------------------	----

第三节 南方离子吸附型稀土矿采矿	42
------------------------	----

第四节 海滨砂矿稀土矿采矿	42
---------------------	----

第五节 稀土采矿行业存在的主要问题	43
-------------------------	----

第二章 稀土矿选矿	45
-----------------	----

第一节 白云鄂博稀土矿选矿工艺	45
-----------------------	----

第二节 四川冕宁牦牛坪稀土矿选矿工艺	46
--------------------------	----

第三节 南方离子吸附型稀土矿化学富集工艺	48
----------------------------	----

第四节 海滨砂矿稀土矿选矿工艺	49
-----------------------	----

第四篇 稀土冶炼

54

第一章 稀土湿法冶炼	55
------------------	----

第一节 包头混合型稀土矿冶炼分离工艺	55
--------------------------	----

第二节 四川氟碳铈矿冶炼分离工艺	60
------------------------	----

第三节 南方离子吸附型稀土矿冶炼分离工艺	60
----------------------------	----

第四节 独居石和磷钇矿的冶炼分离	63
------------------------	----

第五节 稀土元素分离提纯	63
--------------------	----

第六节 稀土绿色冶炼分离新工艺	66
-----------------------	----

第二章 稀土火法冶炼	68
------------------	----

第一节 稀土熔盐电解	69
------------------	----

第二节 金属热还原	72
第三节 稀土金属提纯技术	76
第五篇 稀土材料	81
第一章 稀土磁性材料	81
第一节 稀土永磁材料	82
第二节 稀土超磁致伸缩材料	89
第三节 稀土磁致冷材料	94
第二章 稀土发光材料	97
第一节 概述	97
第二节 照明用稀土发光材料	99
第三节 显示用稀土发光材料	108
第四节 其他类稀土发光材料	117
第三章 稀土催化材料	122
第一节 石油催化裂化催化剂	123
第二节 机动车尾气净化催化剂	124
第三节 天然气(甲烷)燃烧催化材料	127
第四节 其他稀土催化材料	129
第四章 稀土能源材料	132
第一节 氢能与储氢材料	132
第二节 稀土储氢材料	133
第三节 稀土储氢材料制备方法	134
第五章 其他稀土材料	135
第一节 结构材料	135
第二节 晶体材料	140

第三节 抛光材料	146
第四节 玻璃和陶瓷材料	147
第五节 稀土生物农材料	150
第六节 稀土助剂	152

第六篇 稀土应用市场

第一章 国内外应用市场分析	154
第一节 中国稀土应用情况	154
第二节 国内外稀土材料应用市场分析	156
第二章 中国稀土出口情况	168
第三章 世界主要稀土消费国	172
第一节 中国	173
第二节 日本	173
第三节 美国	174
第四节 欧洲	175
第五节 东南亚	176

第七篇 稀土行业政策

第一章 稀土行业管理政策	179
第一节 《国务院关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》	179
第二节 《稀土企业准入条件》	181
第三节 《产业结构调整目录》	182
第二章 稀土开采、生产经营管理政策	184
第三章 稀土出口管理政策	186

第四章 稀土环境保护政策	189
第五章 稀土标准体系	190
第一节 基础标准	191
第二节 产品标准	191
第三节 分析方法标准	193
第四节 稀土标准样品	194
第八篇 世界主要稀土企业	195
第一章 国内外主要稀土冶炼分离生产企业	195
第一节 中国主要稀土冶炼分离生产企业	195
第二节 国外主要稀土冶炼分离生产企业	205
第二章 国内外主要稀土永磁材料生产企业	208
第一节 中国十大稀土永磁材料生产企业	209
第二节 国外主要稀土永磁材料生产企业	216
第三章 国内外主要稀土发光材料生产企业	220
第一节 中国十大稀土发光材料生产企业	220
第二节 国外主要稀土发光材料生产企业	227
第四章 国内外主要稀土催化材料生产企业	230
第一节 埃克森美孚公司	230
第二节 德国巴斯夫股份公司	231
第三节 中国石油化工股份有限公司催化剂 分公司	232
第四节 无锡威孚力达催化净化器有限责任 公司	232
第五节 昆明贵研催化剂有限责任公司	233

参考文献	235
------------	-----

附 录	242
------------------	------------

附录一 现行有效稀土标准名录	242
----------------------	-----

附录二 64 种有色金属元素	260
----------------------	-----

附录三 元素周期表	262
-----------------	-----

概 述

第一章 稀土工业的发展概况

稀土 (rare earth, 简称 RE) 是化学元素周期表第三副族中原子序数从 57 至 71 的 15 个镧系元素, 即镧 (La)、铈 (Ce)、镨 (Pr)、钕 (Nd)、钷 (Pm)、钐 (Sm)、铕 (Eu)、钆 (Gd)、铽 (Tb)、镝 (Dy)、钬 (Ho)、铒 (Er)、铥 (Tm)、镱 (Yb)、镥 (Lu), 再加上与其电子结构和化学性质相近的钪 (Sc) 和钇 (Y), 共 17 种元素的总称。稀土元素并不稀少, 也不像“土”, 而是典型的金属元素。

1787 年, 瑞典军官卡尔·阿雷尼乌斯 (K. Arrhenius) 在瑞典斯德哥尔摩东北约 30km 的一个村庄伊特比 (Ytterby) 发现了一种新矿物 (硅铍钇矿)。1794 年, 芬兰化学家约翰·加多林 (J. Gadolin) 从这种新矿物中发现了一种新元素, 并将其命名为钇土 (即钇的氧化物), 自此拉开了研究、利用稀土的新纪元。由于各稀土元素性质极其相似, 在自然界中共生, 分离十分困难, 受当时科技水平限制, 只能