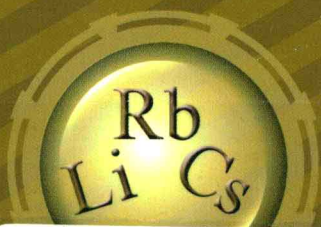




中国有色金属工业协会专家委员会组织编写

有色金属系列丛书

中国锂、铷、铯



ZHONGGUO LI RU SE



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

中国锂、铷、铯

北 京

冶金工业出版社

2013

内 容 提 要

本书共分三篇,涵盖了锂、铷、铯三个有色金属品种的发现史、基本性质,以及用途、资源分布、开发利用现状、开采加工技术及工艺、市场供需情况、主要生产厂家、产品综合利用以及行业标准等内容。

本书简明扼要,浅显易懂,适合各界人士对有色金属锂、铷、铯行业进行初步了解。

图书在版编目(CIP)数据

中国锂、铷、铯/中国有色金属工业协会主编. —北京:冶金工业出版社,2013.5

(有色金属系列丛书)

ISBN 978-7-5024-6245-1

I. ①中… II. ①中… III. ①锂—有色金属冶金—冶金工业—中国 ②铷—有色金属冶金—冶金工业—中国 ③铯—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(2013)第 047990 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 姜晓辉 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 刘 倩 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6245-1

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
2013 年 5 月第 1 版, 2013 年 5 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 3.625 印张; 69 千字; 97 页

20.00 元

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

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)



《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

《中国锂、铷、铯》编辑委员会

主 编 赵家生

副主编 范顺科

编 辑 张江峰 李冰心 张宪铭

莫子璇 王 敏 郭 宁

钟海华 李南平 刘 明

李 波

编 审 钮因健 李宴武

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。

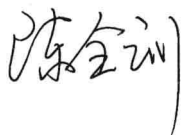
中国是生产有色金属品种最全的国家，门捷列夫化学元素周期表中的 64 种元素的有色金属都能生产。中国是世界生产和消费有色金属最多的国家，到 2011 年十种有色金属产量已达 3438 万吨（快报数），连续 10 年位居世界第一，年消费有色金属已达 3580 万吨以上，连续 9 年位居世界第一。目前全国已有有色金属企业、事业单位 3 万多家，就业人员 360 多万。

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



锂、铷、铯是具有重要现实意义的战略金属，无论在战略性新兴产业，还是在高端制造业中都正在发挥或即将发挥重要的作用。希望通过此书使大家能够对锂、铷、铯三种有色金属和行业有一个初步认识。

锂作为世界上最轻的金属，与当今高新技术、国防军工及我们日常生活紧密相连。锂是核工业、航天航空、电子工业等高新技术发展的重要原材料，也是人们日益增长的物质文化生活的重要物质基础。

锂具有优异的核性能，它不仅可用于制造氢弹，同时也可在民用核能工业发展中起到关键的独特的作用。1kg 锂具有的能量，相当于 2 万吨优质煤炭，可以发出 340 万千瓦时的电力，比铀裂变产生的能量还要大 8 倍。因此，锂又被称为 21 世纪

新能源材料之一。

锂电池和锂离子电池的快速发展，使人们日常生活进入了“锂电”新能源时代。应用于手机、笔记本电脑、照相机等手持电子设备上的小容量锂电池，以及正在发展中的汽车、摩托车等清洁能源动力电池，已经并将不断提高人们生活和工作的质量。一个“锂电”新能源产业已经崛起。在中国市场上，以比亚迪、比克、邦凯、力神等为代表的一批国产锂电池制造商正在快速成长，中国锂电池产业呈现高速增长态势。2010年中国锂离子电池产量超过20亿只，同比增长20%以上。

锂行业作为电池关键材料产业横跨了新材料、新能源、新信息三大战略性新兴产业领域。随着产业政策的扶持与推动，锂行业发展正面临着新的契机。

铷、铯作为锂矿的伴生产品，产量小，价值高。全球铯产品的需求量仅有50t，铷需求量小于10t。近年来，铷、铯的优异性能已逐步被人们所认识，国内外做了不少开发研究工作，在磁流体发电、热离子转化发电、离子推进发动机、激光能转换电能装置、铯离子云通信等高端领域中，铷、铯

显示了强劲的生命力。

在此，向参与书稿编写的专家表示感谢，特别感谢锂业分会秘书处以及会员单位对本书写作的大力支持。

由于编写人员水平有限，书中不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 3 月

目 录



第一篇 锂	1
第一章 发现史	1
第二章 性质和用途	2
第三章 资源概况	5
第四章 采选技术	7
第一节 锂矿床的分类及其性质	7
第二节 锂矿石常用选矿方法	8
第三节 锂辉石、锂云母浮选研究现状	11
第四节 锂辉石、锂云母浮选中存在的问题	13
第五章 锂生产技术概况	14
第一节 矿石提锂	14
第二节 卤水提锂	16
第三节 矿石提锂与卤水提锂对比	17
第六章 锂离子电池正极材料生产技术概况	18
第七章 市场概况	20
第八章 上市公司简介	27

第九章 安全与环保	31
第十章 综合利用和再生	32
第一节 废旧锂离子电池回收的意义	32
第二节 废旧锂离子电池回收技术	33
第三节 废旧锂电池回收利用的对策与建议	35
第十一章 世界主要锂生产企业	37
第十二章 锂标准	38
第一节 锂矿标准	38
第二节 锂盐标准	40
第三节 锂金属及合金标准	43
第四节 锂电池材料标准	45
第五节 锂标准现状分析	47
第六节 展望	48
第二篇 铷	49
第一章 发现史	49
第二章 性质和用途	50
第三章 资源概况	54
第一节 铷矿物组成	54
第二节 铷的蕴含量	57
第四章 选矿技术	59
第一节 铯榴石的选矿	60
第二节 卤水的选矿	60
第五章 铷产品生产技术概况	61

第一节 从锂云母中提取铷	61
第二节 盐卤提取法	62
第三节 金属的制取	63
第四节 合金的制取	64
第六章 市场概况	65
第七章 世界主要铷生产企业	65
第三篇 铯	67
第一章 发现史	67
第二章 性质和用途	68
第一节 金属铯	70
第二节 碘化铯	70
第三节 碳酸铯	71
第四节 氯化铯	72
第五节 硝酸铯	72
第三章 资源概况	72
第一节 铯矿物组成	72
第二节 铯的蕴含量	75
第四章 采选技术	77
第一节 铯的选矿	77
第二节 铯的冶炼	78
第五章 铯产品生产技术概况	85
第六章 市场概况	86
第一节 铯的消费量	86

第二节 铯的价格	91
第三节 硫酸铯市场	92
第七章 世界主要铯生产企业	93
附 录	95
附录一 64 种有色金属元素	95
附录二 元素周期表	97

锂

第一章 发现史

锂元素是 1817 年由瑞典年轻的化学家阿尔费德森 (J. A. Arfvedson 1792 ~ 1841 年) 发现的。当时, 25 岁的阿尔费德森在瑞典著名的化学家贝齐里乌斯 (J. J. Berzelius 1779 ~ 1848 年) 的实验室工作, 他在分析从攸桃岛 (Uto) 采集的透锂长石 ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_5$) 时, 发现该矿石中含有氧化硅、氧化铝及一种新碱金属。他把这种碱金属制成硫酸盐, 进行试验。经过详细分析研究后, 他发现这种碱金属硫酸盐既不是钾盐、钠盐, 也不是镁盐。于是, 他确定这种碱金属是一种新元素, 并命名为“锂” (lithium)。

锂是自然界里被发现的第三个碱金属元素。因为, 锂是从矿石中被发现的, 它不同于钾和钠是从植物体中发现的, 希腊文称石头为 lithos。所以, 贝齐里乌斯把这种新金属称为 lithium, 化学符号 Li, 中译名为“锂”。

阿尔费德森曾试图制取金属锂, 但未成功。1818 年, 布兰德斯 (Brandes)、戴维等人分别用强电流电解锂矿石制

得了少量的锂。直到 1855 年，德国化学家本生（R. W. Bunsen 1811 ~ 1899 年）和英国化学家马提生（A. Matthiessen）采用电解熔融氯化锂的方法，才制得较多量的锂。

第二章 性质和用途

锂是一种金属元素，原子序数为 3，相对原子质量为 6.941，元素符号为 Li。锂是世界上最轻的金属，密度约为水的 50%，为 0.53g/cm^3 ，能浮于水面；熔点为 180.5°C ，沸点为 1347.0°C ，硬度为 0.6，电导率 11.2，在同族金属中均属最高。锂是电位最负的金属，为 -3.043V ，也是电化当量最大的金属，为 $2.98\text{A} \cdot \text{h/g}$ 。因此，由锂组成的电池的比能量最高。

金属锂为银白色金属，可与大量无机试剂和有机试剂发生反应。与水的反应非常剧烈。在 500°C 左右容易与氢发生反应，是唯一能生成稳定的足以熔融而不分解的氢化物的碱金属。其电离能为 5.392eV ，与氧、氮、硫等均能化合，是唯一的与氮在室温下反应，生成氮化锂（ Li_3N ）的碱金属。由于易受氧化而变暗，故应存放于液体石蜡或煤油中，或储存于充有惰性气体的容器中。

金属锂、锂合金及其化合物具有优异的特性。不仅在原子能、宇航及国防尖端工业中使用，而且在冶金、电子、玻璃陶瓷、石油化工、电池、橡胶、钢铁、机械及医疗等高科技领域和传统工业领域中获得广泛的应用。