



“十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学技术著作丛书

锂及锂合金

张密林 颜永得 著



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学技术著作丛书

锂及锂合金

张密林 颜永得 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

锂是最轻的金属,锂及其化合物有许多重要的性质。本书针对金属锂、锂盐和锂合金等方面进行较全面的介绍。全书共 10 章,主要内容包括锂资源、锂的性质及应用、锂盐生产工艺、锂同位素分离、锂盐和锂合金相图、锂合金概况、金属锂和锂合金制备、镁锂稀土合金和镁锂四元合金电解、镁锂合金和铝锂合金等。

本书可供从事与锂及其合金方面的研究人员和工程技术人员、高等学校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

锂及锂合金 / 王德明等著. —北京:科学出版社,2015.8

(材料科学—金属学—锂)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

I. ①L… II. ①王… III. ①锂—金属材料—基本知识②锂合金—基本

知识 IV. ①TB312.1②TB312.2③TB312.3④TB312.4⑤TB312.5⑥TB312.6⑦TB312.7⑧TB312.8⑨TB312.9⑩TB312.10⑪TB312.11⑫TB312.12⑬TB312.13⑭TB312.14⑮TB312.15⑯TB312.16⑰TB312.17⑱TB312.18⑲TB312.19⑳TB312.20㉑TB312.21㉒TB312.22㉓TB312.23㉔TB312.24㉕TB312.25㉖TB312.26㉗TB312.27㉘TB312.28㉙TB312.29㉚TB312.30㉛TB312.31㉜TB312.32㉝TB312.33㉞TB312.34㉟TB312.35㊱TB312.36㊲TB312.37㊳TB312.38㊴TB312.39㊵TB312.40㊶TB312.41㊷TB312.42㊸TB312.43㊹TB312.44㊺TB312.45㊻TB312.46㊼TB312.47㊽TB312.48㊾TB312.49㊿TB312.50

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 205266 号

责任编辑:牛宇锋 罗 娟 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 倩 / 封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 8 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 8 月第一次印刷 印张:35 3/4

字数:699 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《材料科学技术著作丛书》编委会

顾问 师昌绪 严东生 李恒德 柯俊
颜鸣皋 肖纪美

名誉主编 师昌绪
主 编 黄伯云

编 委 (按姓氏笔画排序)

千 勇	才鸿年	王占国	卢 柯
白春礼	朱道本	江东亮	李元元
李光宪	张 泽	陈立泉	欧阳世翕
范守善	罗宏杰	周 玉	周 廉
施尔畏	徐 坚	高瑞平	屠海令
韩雅芳	黎懋明	戴国强	魏炳波

前 言

锂是最轻的金属。锂及其化合物有许多重要的性质,在诸多领域起着其他元素所不可替代的作用。锂工业的发展与军事工业和国民经济水平的提升有着密切的关系,现在,金属锂不仅成为国防工业中最有重要意义的战略物资之一,同时也成为一种与人类生活息息相关的重要金属元素。因此金属锂及其化合物以其优异的特性不仅应用于宇航及国防尖端工业领域,而且在冶金、核工业、玻璃陶瓷、石油化工、电池、橡胶、钢铁、机械电子及医疗等诸多高科技领域和传统工业领域中日益获得广泛的应用。目前,锂在锂离子电池产业是最大的锂应用领域,而在合金方面应用也是近几十年的事情,由于在金属材料中锂密度最小,可以制备超轻合金,如镁锂合金、铝锂合金以及焊接材料和功能性材料。在人们发现了锂具有优异的核性能之后,使锂成为举世瞩目的金属,并在原子能工业获得了广泛的应用,人们将锂称其为“高能金属”。近年来我国正在大力发展核能工业和航天航空事业,对锂和锂合金的需求将会与日俱增,因此,开展锂和锂合金相关的研究势必对国民经济的发展起到至关重要的作用。我国有着丰富的锂资源,包括盐湖、含锂矿物、海水等,我国诸多企业对锂资源的开发有着雄厚的基础和实力,其产量也在世界上名列前茅,锂资源利用和研究工作也达到了较高的水平,具备大力发展锂及其合金的条件,所以深入而广泛开展锂和锂合金的研究就显得十分迫切。作者带领研究团队与同事们及博士、硕士研究生在近十年来深入开展了有关锂和锂合金的系统研究工作,尤其是在镁锂合金及铝锂合金电解、镁锂合金加工成型、镁锂合金表面处理、镁锂合金电极材料、含锂非晶合金等方面取得了卓有成效的研究成果,形成了较为稳定的研究方向,成为有关镁锂合金领域发表 SCI 检索的论文最多的研究团队,先后发表了 300 余篇 SCI 检索的论文和 40 多项授权发明专利。作者及其同事依托超轻材料与表面技术教育部重点实验室,得到了国家自然科学基金项目、国家自然科学基金重点项目、863 项目、国家科技支撑计划项目、国家重大科学研究计划项目、国防基础项目以及黑龙江省、哈尔滨市攻关项目的资助。目前以锂和锂合金为主题的专著较少,为使人们更深入地了解和认识锂的重要性和实用价值,为了回报国家以及地方政府给予的支持,我们用了三年多的时间,系统总结了锂和锂合金的相关研究工作,将我们的成果回馈祖国并奉献给大家。作者编著此书,旨在与从事有关锂及锂合金前辈和同行们共同讨论此领域的众多科学技术问题,以此来推动该领域的技术进步,为我国锂资源的开发利用作出微薄的贡献。潜虽伏矣,亦孔之昭,相信我们的努力一定会得到同行的认可和支持。

作者在写作过程中,查阅并参考了大量的中外文资料和文献,从这些文献中吸取了很多营养,同时也拓宽了作者的视野,使我们能够借鉴同行的有益经验和研究成果,从而使本书得以问世,在此向本书引用的文献的作者表示衷心的感谢!

颜永得博士、闫俊博士、王贵领博士、高鹏博士后、巫瑞智、杨飘萍、冯静以及韩伟教授等在编著本书的过程中给予了大力的支持,此书也凝聚着他们的心血,在此表示由衷的谢意。

由于作者才疏学浅,水平有限,难免存在疏漏和不足,诚恳希望同行给予批评指正,本人将不胜感激。

張密林

2015年8月于哈尔滨

目 录

前言

第 1 章 锂资源	1
1.1 锂资源分布	1
1.2 含锂矿物简介	5
1.2.1 具有连续链状四面体的硅酸盐	6
1.2.2 具有连续层状四面体的硅酸盐	9
1.2.3 骨架状的硅酸盐	11
1.2.4 含锂磷酸盐	13
1.2.5 含锂硼酸盐	16
1.2.6 含锂氟化物	16
1.3 锂资源开发	17
1.4 锂工业技术	17
1.4.1 从锂矿中提锂	17
1.4.2 从盐湖卤水中提锂	19
1.4.3 从海水中提取锂	22
1.5 锂的化合物	23
1.6 金属锂在核能中的应用	39
1.6.1 在核能工业中的应用	40
1.6.2 在核武器中的应用	40
1.7 金属锂的产销现状	41
1.8 金属锂研究	44
1.8.1 金属锂体系的实验研究	44
1.8.2 金属锂体系的理论研究	46
参考文献	48
第 2 章 锂的性质及应用	51
2.1 锂的结构和性质	51
2.1.1 原子的结构和性质	51
2.1.2 锂的晶体结构	52
2.2 锂的物理性质	53
2.2.1 锂的光学性质	53

2.2.2 密度	54
2.2.3 锂的热学性质	55
2.2.4 电学性质	59
2.2.5 锂的磁性	62
2.2.6 力学性能	62
2.2.7 锂的低温高压相变	62
2.3 锂的主要化学性质	65
2.3.1 锂与氧的相互作用	65
2.3.2 锂与氮的相互作用	65
2.3.3 锂与氢的相互作用	66
2.3.4 锂与空气的相互作用	67
2.3.5 锂与水、水蒸气的相互作用	67
2.3.6 锂与碳的相互作用	68
2.4 锂的应用	68
2.4.1 锂在受控核聚变中的应用	68
2.4.2 在冶金工业中的应用	69
2.4.3 在轻质高强度合金中的应用	69
2.4.4 在医药中的应用	71
2.4.5 在高能电池中的应用	71
2.4.6 在玻璃工业中的应用	72
2.4.7 在陶瓷工业中的应用	72
2.4.8 在润滑剂中的应用	73
2.4.9 在纺织工业中的应用	73
2.5 锂电池	74
2.5.1 一次锂电池	74
2.5.2 二次锂电池	84
2.6 锂-空气电池	95
2.6.1 金属-空气电池概述	95
2.6.2 锂-空气电池概述	96
2.6.3 影响锂-空气电池性能的因素	97
2.6.4 锂-水电池	97
2.6.5 聚合物电解质锂-氧电池	99
2.7 在其他方面的应用	101
参考文献	101

第3章 锂盐生产工艺	104
3.1 碳酸锂	104
3.1.1 以锂辉石为原料制取碳酸锂的生产工艺	105
3.1.2 以盐湖卤水为原料提取碳酸锂生产工艺	109
3.2 六氟磷酸锂的制备工艺	118
3.2.1 以无水氟化氢作为溶剂的制备工艺	118
3.2.2 以醚类作溶剂的生产工艺法	119
3.2.3 溶液法制备六氟磷酸锂	119
3.3 溴化锂的生产方法	121
3.4 氟化锂的生产方法	127
3.4.1 工业级氟化锂生产工艺	127
3.4.2 高纯或电池级氟化锂生产工艺	128
参考文献	131
第4章 锂同位素分离	135
4.1 锂同位素的意义	135
4.2 锂同位素的分离方法	138
4.2.1 锂汞齐法	138
4.2.2 萃取法	140
4.2.3 离子交换法	145
4.2.4 分级沉淀和分级结晶法	147
4.2.5 电渗析分离	149
4.2.6 熔盐电解法	149
4.2.7 激光法	150
4.3 展望	151
参考文献	151
第5章 锂盐和锂合金相图	157
5.1 相图基本概念	158
5.2 二元相图的类型	162
5.3 相图的测定方法	164
5.3.1 淬冷法	165
5.3.2 热分析法	165
5.3.3 扩散偶法	168
5.3.4 其他方法	171
5.4 锂盐相图	178
5.5 锂合金相图	208

参考文献	225
第 6 章 含锂合金概述	230
6.1 含锂二元合金	230
6.2 锂合金在热电池中的应用	231
6.2.1 锂热电池	231
6.2.2 Li-Si 合金阳极材料	234
6.2.3 Li-B 合金阳极材料应用	238
6.3 锂合金在核聚变中的应用	244
6.3.1 锂合金液态包层氚增殖材料	244
6.3.2 Li-Pb 合金液态包层氚增殖材料	245
6.3.3 Li-Sn 合金液态包层氚增殖材料	249
6.4 锂合金储氢	250
6.5 锂合金的工程应用	253
6.5.1 Cu-Li 系合金	253
6.5.2 Ag-Li 系合金	257
6.6 锂合金其他方面的研究	258
参考文献	262
第 7 章 金属锂和锂合金制备	271
7.1 热还原法制备金属锂	271
7.1.1 制锂还原反应的热力学条件	271
7.1.2 金属热还原工艺及流程	273
7.2 我国金属热还原工艺研究实例	274
7.2.1 硅铁热还原法	274
7.2.2 真空度对还原过程的影响	275
7.3 铝热还原法	276
7.3.1 工艺过程	276
7.3.2 设备及工艺	277
7.3.3 实验结果	278
7.4 金属锂的熔盐电解法制备	279
7.4.1 LiCl-KCl 电解	280
7.4.2 LiOH-LiCO ₃ 电解	284
7.5 1kA 电解槽电解氯化锂	288
7.6 熔盐电解法制备锂合金	302
参考文献	306

第 8 章 镁锂多元合金电解	308
8.1 镁锂钐合金电解制备	309
8.1.1 Sm(Ⅲ)在 LiCl-KCl 熔盐体系中的电化学行为	309
8.1.2 LiCl-KCl-MgCl ₂ -SmCl ₃ 体系的电化学行为	310
8.1.3 LiCl-KCl-MgCl ₂ -SmCl ₃ 体系中共电沉积制备镁锂钐合金	312
8.1.4 合金成分分析	316
8.1.5 稀土钐的添加对合金的影响	317
8.1.6 共电沉积镁锂钐合金工艺	319
8.2 镁锂镧合金电解制备	322
8.2.1 La(Ⅲ)离子在 Mo 电极上的阴极还原过程及电子转移数	322
8.2.2 La(Ⅲ)离子的扩散系数和扩散活化能	323
8.2.3 Mg-Li-La 合金的电化学形成机理及沉积物的表征	326
8.3 镁锂钆合金电解制备	331
8.3.1 MgCl ₂ 对 Gd ₂ O ₃ 的氯化作用	331
8.3.2 LiCl-KCl-MgCl ₂ -Gd ₂ O ₃ 熔盐体系电化学行为的研究	334
8.3.3 LiCl-KCl-MgCl ₂ -Gd ₂ O ₃ 熔盐体系共电沉积 Mg-Li-Gd 合金工艺研究	335
8.3.4 Mg-Li-Gd 合金的微观组织结构	338
8.3.5 Mg-Li-Gd 合金的抗腐蚀性研究	341
8.4 含锂四元合金电解制备	341
8.4.1 熔盐电解制备 Mg-Li-Ce-La 合金	341
8.4.2 共电沉积 Mg-Li-Ce-La 合金的电化学机理	342
8.4.3 共电沉积 Mg-Li-Ce-La 合金的工艺过程	343
8.4.4 合金的微观结构	346
8.5 共电沉积 Mg-Li-Zn-Mn 合金	350
8.5.1 共电沉积 Mg-Li-Zn-Mn 合金的电化学行为的研究	350
8.5.2 Mg-Li-Zn-Mn 合金的电解制备及表征	352
8.6 共电沉积 Mg-Li-Al-La 合金	360
8.6.1 Mg-Li-Al-La 合金制备的电化学行为	360
8.6.2 Mg-Li-Al-La 合金的制备	367
8.6.3 合金表征	369
参考文献	372
第 9 章 镁锂合金	375
9.1 引言	375
9.2 镁锂合金的研究历史	375
9.3 镁锂合金制备方法	379

9.3.1	真空感应熔炼	379
9.3.2	覆盖剂保护下熔炼	381
9.3.3	镁锂合金生产过程中的注意事项	383
9.3.4	熔盐电解法制备镁锂合金	388
9.4	典型镁锂合金组成	402
9.4.1	镁锂合金中的主要合金元素	402
9.4.2	合金元素对镁锂合金的影响	402
9.5	几种镁锂合金的组织 and 性能	417
9.5.1	Mg-5Li-3Al-2Zn- x RE (LAZ532) 合金	417
9.5.2	Mg-8Li-1Al- x Y (LA81) 合金和 Mg-8Li-3Al- x Y (LA83) 合金	424
9.5.3	Mg-8.5Li- x Ce 合金	430
9.5.4	Mg-5.6Li-3.37Al-1.14Ce 合金	434
9.5.5	Mg-5.5Li-3.0Al-1.2Zn-1.0Ce 合金	436
9.5.6	Mg-16Li-5Al- x Ce 合金	440
9.5.7	Mg-5Li-3Al-2Zn- x Sn 合金	446
9.5.8	LA141- x Nd 合金	449
9.5.9	Mg-6Li-3Al- x Ca 合金	453
9.5.10	Mg-5Li-3Al-2Zn- x Ag 合金	459
9.6	镁锂合金热变形研究	463
9.6.1	不同条件下镁锂合金热变形的真应力-真应变曲线	463
9.6.2	热变形流变应力本构方程	466
9.6.3	能量耗散图	470
9.6.4	热变形后组织分析	473
9.7	镁锂合金的焊接	474
9.7.1	合金焊接前表面处理	474
9.7.2	氩弧焊工艺	475
9.7.3	搅拌摩擦焊	477
9.7.4	合金的焊接性	478
9.7.5	不同相组合金的焊接性	486
9.7.6	MA21 合金的焊接性	496
9.8	含 Li 的 Mg 基非晶态合金	498
	参考文献	499
第 10 章	铝锂合金	511
10.1	铝锂合金的发展历史	511
10.2	铝锂合金的特点	516

10.3 铝锂合金的合金化·····	517
10.4 铝锂合金的制备方法·····	522
10.4.1 铸造冶金法·····	522
10.4.2 粉末冶金法·····	523
10.4.3 其他制备方法·····	523
10.5 铝锂合金的强韧化机理·····	524
10.5.1 铝锂合金强韧化机理·····	524
10.5.2 铝锂合金的强韧化途径·····	526
10.6 铝锂合金的组织·····	528
10.7 铝锂的焊接·····	530
10.7.1 熔化焊接·····	530
10.7.2 电弧焊·····	530
10.7.3 电子束焊和激光焊·····	531
10.7.4 搅拌摩擦焊·····	532
10.8 铝锂合金复合材料·····	534
10.8.1 铝锂合金复合材料简介·····	534
10.8.2 铝锂基复合材料的制备技术·····	535
10.8.3 铝锂基复合材料应用·····	539
10.9 铝锂合金的应用·····	540
10.10 铝锂合金展望·····	550
参考文献·····	552

第 1 章 锂 资 源

1.1 锂资源分布

锂是地球上丰度较大的元素之一,在地壳中以质量计约含 0.0065%*,居所有元素的第 27 位,主要存在于锂矿石、盐湖卤水和海水中^[1]。目前自然界中含锂矿石达 150 多种。自然界中锂资源主要富集在盐湖卤水和花岗伟晶岩矿床中,花岗伟晶岩是当前主要的固态锂矿形态,其中主要的锂矿石有锂辉石、锂云母和锂透长石等,而液态锂资源储量更加丰富,主要分布于盐湖卤水、海水、油田卤水和井卤水中,全球卤水中的锂占全部锂资源储量的 70%以上。锂资源极为丰富,美国地质调查局发布的锂调查报告显示,全球陆地锂的储量约为 990 万吨,海水中储锂量约为 2600 亿吨^[2]。世界各国锂的储藏量各有不同,其对世界锂产量的贡献能力取决于提锂技术的发展与应用。矿石提锂成本高、能耗大,但随着盐湖卤水提锂技术的日渐成熟,在其工艺改进方面取得了较大的技术突破,现已成为世界各国提取锂资源的主要手段^[3]。

2006 年统计^[4]的全球探明的含锂资源(以 Li₂O 计)储量为 882.52 万吨,基础储量为 2637.75 万吨。锂的储量和基础储量较多的国家主要有智利、中国、玻利维亚、美国、巴西、加拿大和澳大利亚等。另外,阿根廷、葡萄牙和俄罗斯等国也有较大的锂储量。据调查分析,世界锂储量如表 1.1 所示。

表 1.1 世界部分国家锂产量和储量(以 Li₂O 计) (单位:t)

国家	2006 年产量	储量	基础储量
阿根廷	6 242.25	NA	NA
玻利维亚	—	—	11 623 500
葡萄牙	688.8	NA	NA
俄罗斯	4 735.5	NA	NA
津巴布韦	1 291.5	49 508	58 118
美国	W	817 950	882 525
澳大利亚	11 838.75	344 400	559 650
加拿大	1 521.818	387 450	774 900
巴西	520.950	408 975	1 958 775
中国	6 070.05	1 162 350	2 367 750
智利	17 650.5	6 457 500	6 457 500
合计(粗略)	50 583.75	8 825 250	26 377 500

注:NA——未能获得数据;W——保密

* 未做说明时,均指质量分数。

在世界 7 个国家的 19 个大型锂矿床中,储量较大的是玻利维亚的乌尤尼盐湖、智利的阿塔卡玛盐湖、阿根廷的翁师雷穆埃尔托湖和中国青海的察尔汗盐湖,这 4 个矿床的锂资源量(以 Li_2O 计)超过 100 万吨。在其他国家也有大量的锂资源矿床,这些矿床为人类大量开发和利用锂资源提供了足够的物质保证,因此,世界各国都非常重视锂资源的开发,尤其是在核能大发展的今天,合理与和平利用锂资源就显得非常重要。表 1.2 列举了世界主要大型锂矿床的数据。表 1.3 列出了全球锂资源基础储量分布情况。表 1.4 给出了主要盐湖资源矿床情况。

表 1.2 世界主要大型锂矿床数据

国家	矿床或矿区	储量	品位	矿床类型	成矿时代
加拿大	伯尼克湖锂-铍-钽-铯矿床	Li_2O 24.97 万吨, 铍矿石 92 万吨, Ta_2O_5 4478t, Cs_2O 8.127 万吨	Li_2O 2.755%, BeO 0.2%, Ta_2O_5 0.156%, Cs_2O 21.97%	伟晶岩型	太古宙
美国	金斯山锂矿床	Li_2O 151.7 万吨	Li_2O 1.31%	花岗伟晶岩型	
美国	贝瑟默锂矿床	锂矿石 2330 万吨	Li 0.65%	伟晶岩型	
美国	克莱顿河谷盆地锂矿床	Li_2O 430.57 万吨	Li_2O 228×10^{-6}	盐湖型	第三纪 ~ 第四纪
玻利维亚	乌尤尼锂矿床	锂资源量 550 万吨	Li 0.03%	盐湖型	早白垩纪 ~ 第三、四纪
智利	阿塔卡玛盐湖盆地锂矿床	Li_2O 990.31 万吨	Li_2O 0.32%	盐湖型	第三纪 ~ 第四纪
巴西	圣若昂德尔雷锂-钽矿床	Li_2O 66.95 万吨, Ta_2O_5 9768 吨		伟晶岩风化层	
津巴布韦	比基塔锂-铍-铯矿床	Li 矿石 600 万吨, Be 矿石 25 万吨,铯 榴石矿石 10 万吨	Li_2O 2.9%, Cs_2O 24%	花岗伟晶岩型	
刚果(金)	马诺诺基托洛锂-铌-钽矿床	Li_2O 66.95 万吨, $\text{Nb}_2\text{O}_5 > 30\text{t}$, $\text{Ta}_2\text{O}_5 > 1.71$ 万吨	Li_2O 6.03%, Nb_2O_5 0.9% ~ 1.6%	花岗伟晶岩型	元古宙
捷克-德国	辛诺维-津瓦尔德锂矿田	Li_2O 307.86 万吨	Li_2O 0.54%	淡色花岗岩型	二叠纪
澳大利亚	格林布希斯锂-铌-钽矿床	Li_2O 23.68 万吨, Nb_2O_5 6750t, Ta_2O_5 1.04 万吨	Li_2O 3.875%, Nb_2O_5 0.031%, Ta_2O_5 0.044%	伟晶岩型	太古宙

续表

国家	矿床或矿区	储量	品位	矿床类型	成矿时代
中国	江西宜春锂-铌-钽矿床	Li ₂ O 75.22 万吨, Nb ₂ O ₅ 1.85 万吨, Ta ₂ O ₅ 1.49 万吨	Li ₂ O 0.389%, Nb ₂ O ₅ 0.01%, Ta ₂ O ₅ 0.0105%	花岗岩型	中生代
中国	四川康定甲基卡锂-铍-铌-钽矿床	Li ₂ O 92.0 万吨, BeO>1 万吨 Nb ₂ O ₅ 8687t	Li ₂ O 1.203%, BeO 0.043%, Nb ₂ O ₅ 0.0237%~ 0.013%	花岗伟晶岩型	古生代
中国	新疆富蕴可可托海锂-铍-铌-钽矿床	Li ₂ O 15.5 万吨, BeO 6.5 万吨 Nb ₂ O ₅ 501t, Ta ₂ O ₅ 1047t	Li ₂ O 0.982%, BeO 0.051%, Nb ₂ O ₅ 0.0063%, Ta ₂ O ₅ 0.0245%	花岗伟晶岩型	石炭纪
中国	青海柴达木盆地盐湖锂矿(一里坪,西台吉乃尔,东台吉乃尔)	LiCl 92.97 万吨, LiCl 267.72 万吨, LiCl 55.3 万吨	LiCl 2.2g/L, LiCl 2.57g/L, LiCl 3.12g/L	盐湖型	第四纪
中国	西藏扎布耶盐湖锂矿	Li ₂ CO ₃ 81.88 万吨 (液体矿),总储量 184.10 万吨	Li ₂ CO ₃ 0.517%	盐湖型	第四纪

表 1.3 全球锂资源基础储量分布情况

国家	矿石锂资源/万吨	盐湖锂资源/万吨	合计/万吨
智利	—	750	750
玻利维亚	—	550	550
中国	75	275	350
美国	283	3.8	286.8
阿根廷	255	—	255
刚果	230	—	230
俄罗斯	100	—	100
澳大利亚	97	—	97
塞尔维亚	85	—	85
加拿大	25.6	—	25.6
奥地利	10	—	10
巴西	6.4	—	6.4
津巴布韦	5.7	—	5.7
芬兰	1.4	—	1.4
总计	919	1834	2753

表 1.4 主要盐湖资源控制权情况

盐湖	国家及地区	所属公司	储量/万吨	锂含量/%	镁锂比
Salars de Atacama	智利	SQM	210	0.15	6.4
Salars de Atacama	智利	Rockwood	72	0.16	6.4
Salars del Hombre Muerto	阿根廷	FMC	36	0.069	1.4
Silver Peak	美国	Rockwood	12	0.016	1.4
Salars Rincon	阿根廷	Admiralty	40	0.04	8.6
Uyuni	玻利维亚	Now world	550	0.035	18.6
西台吉乃尔	青海	中信国安	48	0.25	61.5
东台吉乃尔	青海	青海锂业	9	0.05	37.4
扎布耶	西藏	西藏矿业	152	0.13	0.23
当雄	西藏	中川电气	16.7	0.035	0.22

我国的锂矿资源也很丰富,主要分布在青海、西藏、四川、江西、新疆、湖北、河南及湖南等地,其储量见表 1.5。产出类型与世界各地一样也是有两种类型:一是花岗岩伟晶岩和花岗岩型的稀有金属矿床,含锂矿物主要有锂辉石和锂云母等;二是盐湖卤水锂矿床。

表 1.5 我国锂的资源储量和分布地区

序号	地区	主要矿床	储量	储量基础	资源量	探明资源储量	占探明总 储量百分数/%
1	青海	盐湖卤水	640.09	667.28	—	753.38	49.63
2	西藏	盐湖卤水	101.49	362.18	—	430.50	28.36
3	四川	锂辉石	31.73	35.39	83.41	117.98	7.77
4	江西	锂云母	50.80	56.61	7.36	63.71	4.20
5	湖北	盐湖卤水	—	—	108.78	108.78	7.17
6	湖南	锂云母	0.13	0.18	35.99	35.86	2.36
7	新疆	锂辉石	1.12	3.57	2.71	6.24	0.41
8	河南	锂云母	0.37	0.50	0.71	1.21	0.08
9	福建	锂辉石	—	—	0.43	0.43	0.03
10	山西	锂辉石	—	—	0.04	0.04	0.002
合计			825.72	1125.71	239.44	1518.14	100

花岗岩伟晶岩和花岗岩型锂矿床主要分布在四川、江西、湖南和新疆等地区,大型矿床有:四川康定甲基卡锂铍矿、四川金川-马尔康可尔因锂铍矿、江西宜春钽铌锂矿、湖南临武香花铺尖峰山锂铌矿、湖南道县湘源正冲锂铷多金属矿、新疆富蕴可可托海锂铍铌矿等。