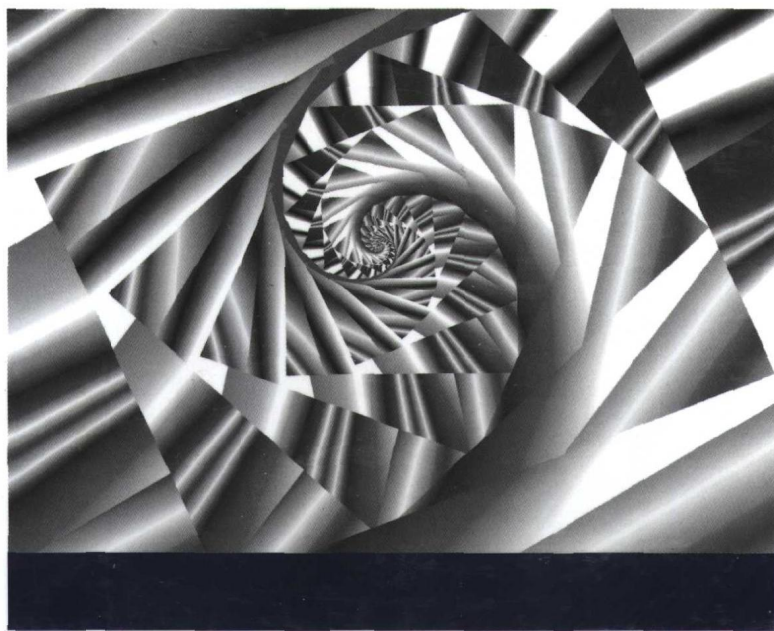


陈振华 等编著

镁合金



Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

镁 合 金

陈振华 严红革 陈吉华
全亚杰 王慧敏 陈 鼎 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

镁合金/陈振华等编著. —北京: 化学工业出版社,
2004. 5

ISBN 7-5025-5483-1

I. 镁… II. 陈… III. 镁合金-研究 IV. TL341

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 042736 号

镁 合 金

陈振华 严红革 陈吉华 编著
全亚杰 王慧敏 陈 鼎
责任编辑: 肖望国 窦 臻 黄丽娟
责任校对: 李 林
封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 30 $\frac{3}{4}$ 字数 566 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5483-1/TB·39

定 价: 66.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

镁是所有结构用金属及合金材料中密度最低的。与其他金属结构材料相比，镁及镁合金具有比强度高、比刚度大，减振性、电磁屏蔽和抗辐射能力强，易切削加工，易回收等一系列优点，在汽车、电子、电器、交通、航天、航空和国防军事工业领域具有极其重要的应用价值和广阔的应用前景，是继钢铁和铝合金之后发展起来的第三类金属结构材料，并被称之为 21 世纪的绿色工程材料。随着很多金属矿产资源的日益枯竭，镁以其资源丰富而日益受到重视，特别是结构轻量化技术及环保问题的需求更加刺激了镁工业的发展。目前，镁及镁合金材料的研究已成为世界性的热点。

纵观镁研究的发展历史，镁及镁合金的研制和应用的发展并不顺利，且一度处于停顿、甚至倒退状态。在第二次世界大战前，世界镁年产量只有几万吨，第二次世界大战期间产量猛增到 25 万吨，第二次世界大战后年产量迅速下降到 1 万吨水平。20 世纪 50 年代，朝鲜战争爆发，镁年产量又上升到 11 万吨，但战后又迅速下降。在 20 世纪 60 年代前，世界上 80%~90% 的镁是用于军事工业和航空业，从 60 年代后才扩大到民用工业，镁的产量才稳步上升，特别是 80 年代以来，出于对环境和能源问题的考虑，各工业发达国家相继制定了各自的镁研究计划，并投入了巨额资金开展研究。我国是镁资源大国、生产大国和出口大国，到 2000 年时镁的年产量就达到 20 万吨，但在该领域的发展极不平衡，如出口的主要是原镁，深加工产品极少，镁的应用面窄、应用量也不大；且主要是铸件，变形镁合金产品基本上还是空白。为了改变这一状况，我国也制订了相应的研究计划。

导致镁研究和应用发展缓慢的主要原因是未能很好地解决镁的加工成形问题和耐腐蚀问题。镁属于密排六方结构金属，塑性变形能力差，很难加工成板、带、棒、型材，因而其应用受到极大限制。随着对镁及其合金的制备、加工技术及相关基础问题和腐蚀问题的研究，上述问题可望得到很好的解决。近年来的研究表明，采用快速凝固、喷射沉积、粉末冶金等先进材料制备技术可以显著改善镁的加工成形性能，利用等径角挤压、超塑性成形等先进材料加工技术可以制备出高性能的镁及其合金材料，其耐腐蚀性能也可以得到很好改善。这些技术的研

究为镁工业的进一步发展带来了希望，有望改变目前铸造镁产品一统天下的局面，实现镁产品的更新换代，在国内则可以填补变形镁合金的空白。

作者近年来在变形镁合金领域开展了广泛研究，采用自主发明的快速凝固、喷射沉积新技术和等径角挤压等大变形加工成形技术制备出了高性能镁合金板、带、棒、型材，其中 AZ31 板材的厚度最小达到 0.3mm，其拉伸强度达到 320MPa 以上，研究并掌握了镁合金板材的超塑成型、冲压成形等关键技术，成功地冲压出了一些复杂形状的零部件，如手机壳、筒形件、宇航飞行器用零部件等。采用分流模挤压成形的方法制备出了具有“田”、“目”和“日”字形截面的镁合金型材，材质有 Mg-Al-Zn、Mg-Zn-Zr 和 Mg-Al-Re 等，力学性能达到了目前最高水平，并达到了中试生产规模。作者所取得的研究成果以及现有的研究结果均表明，快速凝固、喷射沉积和大挤压比挤压、等径角挤压等技术可以显著细化镁合金的晶粒组织，从而从根本上解决变形镁合金的工业化生产技术问题，推动镁合金工业的发展。作者在研究过程中对国内外大量的镁合金材料研究的文献资料进行了收集和整理工作，获得了很多有用的信息。考虑到国内还没有一本全面介绍镁合金的论著，国外的镁合金专著也极少，且内容覆盖面均较窄，作者萌生了编著本书的念头。经过大量复杂、系统而细致的工作，书稿终于完成。本书分为 8 章，对镁及其合金的特性、制备、加工、成形、焊接、热处理、腐蚀和应用等各个方面进行了系统深入的论述。

本书内容具有如下特点：内容新颖、丰富、全面，所介绍的研究成果多为国际上的新成果；理论与实际紧密结合，书中不仅系统介绍了镁合金的塑性变形理论、制备理论、腐蚀与防护理论，还介绍了大量的镁合金制备、生产工艺，并指出了不同技术各自存在的关键问题及相应的解决方法；特别突出的是本书介绍了变形镁合金材料的一些最新制备与加工新技术，如快速凝固、喷射沉积制备技术，等径角挤压、大挤压比挤压成形技术，冲压成形和超塑成形技术，镁合金的焊接成形技术等，这些都是镁合金研究领域的最新进展和当今的发展趋势。作者在写作过程中参阅了国际上最新版本图书及近年来出版的各种国际会议文集、各种材料科学杂志的专辑和大量的研究论文等，所引用的文献资料新颖、丰富、可查阅性强，所给出的各种数据具有一定的权威性。

特别需要指出的是，作者在编著本书的过程中参考并引用了大量的文献资料，其中 20 世纪 90 年代以前的文献均未标注出处，在此向这些作者表示由衷的谢意。同时，在书稿整理过程中得到了湖南大学材料科学与工程学院傅定发博士，陈刚博士、程英亮博士、张辉博士、高文理博士以及博士研究生夏伟军、程永奇、詹美燕等人的鼎力协助，在此表示感谢。

作者衷心希望此书能够为从事镁研究工作的学者和从事镁开发、应用研究的广大技术人员提供帮助或者是一些指导作用，由于编著者学术水平有限，难免出现一些疏漏，因此也真诚希望读者能够对本书提出宝贵意见。

陈振华
2004年4月10日

内 容 提 要

本书系统而深入地介绍了镁与镁合金的发展历史及趋势；镁合金的分类及其物理冶金特性，新型的快速凝固镁合金及镁基复合材料；镁合金的熔炼与净化技术、传统的铸造及半固态成形技术和快速凝固、喷射沉积等先进制备技术；镁合金的塑性变形理论、应力和应变特征、流变应力、成形性能及挤压、轧制、锻造、深拉伸、旋压、超塑成形各种塑性加工成形新技术；镁合金的热处理原理、方法、质量控制技术及不同牌号镁合金的热处理工艺，热处理产品的缺陷及其防止措施；镁合金的焊接、胶接、连接与机加工技术；常规及快速凝固镁合金的腐蚀特点、影响因素、不同镁合金的抗腐蚀性能、现有的各种镁合金防蚀处理技术；铸造和变形镁合金材料在汽车、航空航天、电子电器、军工、化工等领域的应用情况等。首次系统地介绍了镁合金的塑性变形理论和高性能变形镁合金的快速凝固、喷射沉积、等径角挤压、大挤压比挤压、冲压成形等制备和成形新技术。

本书系统而全面地总结和反映了国内外有关镁合金的最新研究成果和最新制造加工及应用技术，所用文献资料新颖、丰富、可查阅性强，所给出的各种数据具有权威性，是一本理论与实践相结合的著作。可供从事镁及镁合金的研究、开发和应用研究的学者、科研人员和工程技术人员阅读，也可供冶金、材料专业的广大师生参考。

目 录

第 1 章 镁及镁合金简介	1
1.1 镁的发展历史	1
1.2 镁矿资源	3
1.3 镁的生产方法	4
1.3.1 电解法	5
1.3.2 热还原法	8
1.4 镁及镁合金的特性	9
1.4.1 物理化学性质.....	10
1.4.2 力学性能.....	17
1.4.3 腐蚀性能.....	19
1.4.4 工艺性能.....	19
1.5 镁合金的特点.....	19
1.6 镁的发展前景.....	20
参考文献	22
第 2 章 镁合金的分类与性质	23
2.1 镁的牌号.....	23
2.2 镁合金的物理冶金特性.....	23
2.3 合金元素的作用.....	28
2.4 镁合金的编号.....	32
2.5 镁合金分类.....	35
2.6 工业用镁合金.....	39
2.6.1 无锆镁合金.....	39
2.6.2 含锆镁合金.....	53
2.7 新型镁合金.....	57
2.7.1 快速凝固镁合金.....	57
2.7.2 镁基非晶合金.....	58

2.8 镁基复合材料	59
2.9 镁粉	60
参考文献	61
第3章 镁合金的制备技术	64
3.1 镁合金的熔炼与浇注	64
3.1.1 原材料与回炉料	65
3.1.2 铸造镁合金用的工艺材料	66
3.1.3 熔剂	66
3.1.4 熔炼镁合金前的准备工作	69
3.1.5 镁合金的熔炼	76
3.1.6 镁合金熔体的净化处理	82
3.1.7 晶粒细化	84
3.1.8 合金化	86
3.1.9 铸造质量控制	87
3.1.10 镁合金的浇注	87
3.1.11 镁合金熔炼过程中的安全与保护	88
3.2 重力和低压铸造	89
3.2.1 铸造镁合金	89
3.2.2 砂型铸造	93
3.2.3 永久型铸造	102
3.2.4 熔模铸造	105
3.2.5 常见的铸件缺陷	106
3.3 压铸	108
3.3.1 压铸镁合金体系	108
3.3.2 压铸件结构设计	116
3.3.3 压铸型的设计	119
3.3.4 压铸用浇注系统	120
3.3.5 压铸设备	120
3.3.6 压铸工艺装置	124
3.3.7 镁合金的压铸工艺	124
3.3.8 常见的压铸缺陷	130
3.3.9 镁合金压铸件的后续处理	131
3.3.10 镁合金压铸过程中的安全与保护	132
3.3.11 镁合金压铸技术的发展趋势	133

3.4 镁合金的半固态成形	134
3.4.1 半固态成形技术简介	135
3.4.2 镁合金半固态成形技术的研究现状	136
3.4.3 镁合金半固态成形用原材料的制备与成形过程	136
3.4.4 半固态成形工艺	141
3.4.5 镁合金半固态成形技术的发展与应用	154
3.5 镁合金的挤压铸造	155
3.5.1 挤压铸造分类	155
3.5.2 镁合金挤压铸造件的力学性能	156
3.5.3 挤压铸造的发展	157
3.6 快速凝固/粉末冶金法制备变形镁合金	158
3.6.1 快速凝固技术简介	158
3.6.2 快速凝固工艺及其进展	159
3.6.3 快速凝固镁合金的组织、结构及性能特征	161
3.6.4 高性能结构镁合金的快速凝固/粉末冶金 (RS/PM) 制备 工艺	172
3.6.5 快速凝固技术制备变形镁合金的原理	175
3.6.6 快速凝固镁合金的研究展望	176
3.7 喷射沉积法制备镁合金	177
3.7.1 喷射沉积技术的基本原理及特点	177
3.7.2 喷射沉积镁合金的制备技术及性能研究	179
3.7.3 喷射沉积镁合金的应用	183
3.8 镁基复合材料	183
3.8.1 镁基复合材料的制备方法	183
3.8.2 镁基复合材料的界面问题	185
3.8.3 镁基复合材料的组织与性能	187
参考文献	194

第4章 镁合金的塑性成形

4.1 镁合金的塑性变形理论概论	202
4.2 镁合金的应力和应变特征	206
4.2.1 镁合金的流变应力	206
4.2.2 塑性变形机理	210
4.2.3 镁合金的流变应力和加工成形图	213
4.3 镁合金的成形性	238

4.3.1	镁合金的整体可成形性	238
4.3.2	镁合金二次成形时的可成形性	239
4.3.3	镁合金的冷变形	241
4.3.4	镁合金的热变形	243
4.4	镁合金的整体成形	246
4.4.1	锻造	246
4.4.2	挤压	255
4.4.3	轧制	262
4.5	镁合金的二次成形	268
4.5.1	弯曲成形	268
4.5.2	深拉延	269
4.5.3	手工旋压	273
4.5.4	强力旋压	274
4.5.5	橡皮板成形	275
4.5.6	拉延成形	277
4.5.7	落锤成形	278
4.6	镁合金的超塑性	278
4.6.1	超塑性	278
4.6.2	超塑性种类和超塑变形机理	279
4.6.3	超塑性变形的理论模型	280
4.6.4	细晶对超塑性的影响以及细晶镁合金的制备	282
4.6.5	镁合金的超塑性	290
	参考文献	294
第5章 镁合金的热处理		299
5.1	热处理类型和选择	299
5.1.1	完全退火	300
5.1.2	去应力退火	301
5.1.3	固溶和时效	302
5.1.4	二次热处理	305
5.1.5	氯化处理	305
5.2	热处理工艺参数的影响	305
5.2.1	截面厚度	306
5.2.2	加热温度和保温时间	306
5.2.3	装炉状态	307

5.3	热处理设备和质量控制	308
5.3.1	热处理设备	308
5.3.2	热处理质量控制	308
5.4	热处理用保护气氛	310
5.4.1	使用保护气氛的必要性	310
5.4.2	保护气氛的种类和选择	310
5.5	镁合金的热处理	310
5.5.1	Mg-Al系	310
5.5.2	Mg-Zn系	312
5.5.3	Mg-Mn系	312
5.5.4	Mg-RE系	313
5.5.5	Mg-Th系	316
5.5.6	Mg-Ca系	316
5.5.7	Mg-Ag-RE (Nd)系	316
5.6	镁合金热处理后的性能	317
5.7	热处理缺陷及其消除方法	318
5.7.1	氧化	318
5.7.2	过烧	318
5.7.3	弯曲与变形	319
5.7.4	晶粒异常长大	319
5.7.5	性能不均匀	319
5.8	铸件的尺寸稳定性	319
5.9	热处理质量的检测	320
5.9.1	硬度试验	320
5.9.2	拉伸试验	321
5.9.3	显微组织检查	321
5.10	镁合金热处理安全技术	322
	参考文献	323

第6章 镁合金的连接与机加工

6.1	镁合金的焊接	325
6.1.1	熔化焊	325
6.1.2	压力焊	353
6.1.3	钎焊	366
6.2	镁合金的胶接	371

6.3 镁合金的机械连接	373
6.3.1 铆接	373
6.3.2 螺纹连接	376
6.4 镁合金的机加工	378
6.4.1 刀具	379
6.4.2 润切液	379
6.4.3 变形	381
6.4.4 安全性	381
参考文献	382

第7章 镁及镁合金的腐蚀与防护

7.1 镁及镁合金腐蚀的基本特征	385
7.1.1 纯镁的电化学特性	385
7.1.2 镁合金表面的自然氧化膜	387
7.1.3 镁合金典型腐蚀失效的原因和检测方法	387
7.2 镁合金腐蚀性能的影响因素	390
7.2.1 合金元素的影响	390
7.2.2 组织形态的影响	393
7.2.3 腐蚀介质的影响	395
7.3 镁及镁合金在真实和模拟环境中的腐蚀	402
7.4 镁合金腐蚀的基本类型	408
7.4.1 电偶腐蚀及其防护措施	408
7.4.2 应力腐蚀开裂 (SCC)	417
7.4.3 腐蚀疲劳	424
7.5 常规镁合金的抗蚀性	425
7.5.1 Mg-Li系合金	425
7.5.2 Mg-Al-Zn系合金	427
7.5.3 Mg-Zn-Zr系合金	428
7.5.4 Mg-Mn系合金	429
7.6 镁合金的防蚀处理	430
7.6.1 提高纯度	430
7.6.2 表面清洗	431
7.6.3 化学氧化处理	432
7.6.4 阳极氧化处理	435
7.6.5 有机涂层	438

7.6.6	金属涂层及其他特殊涂层	438
7.6.7	快速凝固和其他表面改性处理	441
7.6.8	防锈油包装	442
	参考文献	443
第8章	镁合金的应用	446
8.1	镁合金在汽车工业中的应用	447
8.2	镁合金在航空航天领域中的应用	458
8.2.1	框架结构	459
8.2.2	发动机	461
8.2.3	导弹和其他飞行器	464
8.3	镁合金在家用电器中的应用	464
8.4	其他应用	471
8.4.1	军事工业	471
8.4.2	烟火	472
8.4.3	冶金	472
8.4.4	核工业	472
8.4.5	化学化工领域	473
8.4.6	其他	473
	参考文献	475

第 1 章 镁及镁合金简介

1774 年人们首次发现镁，并以希腊古城 Magnesia 命名。镁为元素周期表中 II A 族碱土金属元素，相对原子质量为 24.305。在所有的结构金属中，镁的密度最低，纯镁的密度仅为 $1.738\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。在镁中添加合金元素，可以形成具有各种性能合金，满足不同的需求。镁和镁合金既可以铸造成形，直接制备出结构件，也可以通过各种塑性加工和热处理，制备出各种规格的管、棒、板、线、带材和异型材。对于同种材质，采用不同的方法来制备时，材料的性能也有很大的区别。为了提高镁材的耐腐蚀性能，还可以对其进行表面处理。与其他结构材料相比，镁及镁合金具有一系列的优点，如密度低、比强度和比刚度高、减振性好、电磁屏蔽性能优异、抗辐射、摩擦时不起火花、热中子捕获截面小，切削加工性和热成形性好，对碱、煤油、汽油和矿物油具有化学稳定性，易回收等。由于这些突出特点，镁材在汽车、电子、电器、航空航天、国防军工、交通等领域具有重要的应用价值和广阔的应用前景。随着镁的提炼及加工技术的发展，镁材已成为继钢铁和铝之后的第三类金属结构材料，在全世界范围内得到了迅猛发展。

1.1 镁的发展历史

金属镁的发现与铝的发现有着惊人的相似性。早在 17 世纪人们就怀疑在某些未知成分的矿石（含有氧化镁和氧化铝的矿石）中存在某些金属元素。法国科学家 Antoine Lavoisier 当时从理论上推断氧化铝矿石中存在一种新的金属，由于金属与氧的结合强度太高，无法采用当时已知的还原剂或炭将其还原出来。英国化学家 Sir Humphrey Davy 认为氧化镁与氧化铝的情况类似，并于 1808 年证实了这一想法，当时他从镁和汞的混合氧化物中提炼出了镁汞齐，然后制备出少量含有杂质的金属镁。1828 年法国科学家 A. Bussy 以钾还原无水氯化镁制备出了金属镁^[1]。1833 年 Michael Faraday 首次通过电解还原氯化镁制备出纯镁。1852 年德国化学家 Robert Bunsen 在

世界上建立起了第一座用于电解无水氯化镁的电解池。1886年德国 Griesheim Elektron 公司在 Stassfurt 建立起了世界上第一家镁厂，该厂采用的是由 Fischer 和 Greatzel 发明的 Bunsen 电解池，以从光卤石矿中提炼钾时的副产物氯化镁盐卤为原料。后来，该厂迁到德国的 Bitterfeld，其员工 Pistor 和 Moschel 发明了一种高效连续生产无水氯化镁的新工艺。1860年，Johnson Matthey 和 Coin Manchester 开始在英国采用类似的方法制备镁。1896年，Chemische-Fabrik Griesheim-Elektron 公司和铝镁 Fabrik 公司联合收购电解制镁工艺，直到 1914~1915 年，它仍是全世界金属镁的最主要的生产商之一。1916 年美国道屋 (DOW) 化学公司建立起了自己的第一家电解氯化镁生产镁的工厂。

第一次世界大战前，美国所有的镁都是由欧洲提供的，当时价格很高，每磅达到 5 美元。一些美国大型企业公司纷纷试制镁，但仅美国制镁股份有限公司 (Magnesium Manufacturing Corporation) 和道屋 (DOW) 化学公司试制成功。1920 年美国铝业公司收购了美国制镁股份有限公司，虽然美国铝业公司已经取得了氧化池法制镁的专利，但此法不能与电解氯化镁制镁法相比，美国仍然普遍采用熔融电解氯化镁工艺制镁。当时，DOW 公司是美国制镁业的支柱，第二次世界大战前几年，它成为了美国惟一的镁生产商。20 世纪 30 年代，德国 I. G. Farben 工业公司发明了采用竖炉制备无水氯化镁的工艺。第二次世界大战期间，热还原法生产镁的技术迅速发展起来。在此期间，意大利 Amati 和 Ravelli 发明了真空高温炉内用硅铁还原白云石来生产镁的工艺。同期，奥地利发明了用炭直接还原氧化镁来生产镁的 Hansgirg 技术。此后，加拿大 Pidgeon 博士及其合作者发明了在外热式真空蒸馏罐内用硅铁还原白云石制镁的新工艺。第二次世界大战后，Hansgirg 技术被淘汰，其他两种工艺仍用于工业化生产。20 世纪 50~60 年代，法国 Pechiney-Ugine Kuhlman 发明了一种镁热技术，即使用硅铁或铝作还原剂，在大型内热炉内还原白云石半连续制取金属镁的新技术，该法被称为 Magnétherm 工艺。西方国家用镁热技术生产镁的产量占镁总产量的 1/2 以上。

1900 年全世界镁年产量约为 10t，1915 年年生产量上升至 350t，第一次世界大战后期全世界镁的年产量上升至 3000t，而 1920 年又下降至 330t。在第二次世界大战的刺激下，1939 年全世界镁的年产量上升至 32000t，年产量增长近 10 倍。20 世纪 40 年代末镁年产量又有所下降。

我国是世界上镁储量最为丰富的国家，近年来也是原镁产量最大的国家之一，占全球的 40% 以上，其中 80% 的原镁用于出口。但我国在镁工业发展方面还存在很多问题，主要是：原镁生产厂家多，规模小而分散，技术比较落后，产品质量不够稳定；出口产品大多是初级原料，价格低、利润低、效益很

差；高性能镁合金及高质量镁合金产品的研制水平远远落后于国外许多国家，在很多领域仍是空白，难以满足日益增长的需求；缺少先进的制备及加工技术；应用研究发展得还不够。

1.2 镁矿资源^[2]

镁是自然界中分布最广的元素之一（见表 1-1），居第 8 位，约占地壳质量的 2.35%。镁的化学活性很高，在自然界中只能以化合物形式存在，主要存在于白云石、菱镁矿、光卤石矿、橄榄石矿、蛇纹石、盐矿、地下卤水以及盐湖和海水中，在海水中的含量约为 0.13%。含镁的化合物种类繁多，主要有碳酸盐类（如菱镁矿 $MgCO_3$ 、白云石 $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ）、硅酸盐类 [如橄榄石 $(MgFe)_2 \cdot SiO_4$ 、滑石 $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$ 、蛇纹石 $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$]、硫酸盐类（如硫酸镁石 $MgSO_4 \cdot H_2O$ 、泻利盐 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 、钾镁矾石 $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ 、无水钾镁矾 $2MgSO_4 \cdot K_2SO_4$ ）、氯化物盐类（如水氯镁石 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 、光卤石 $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ 等）。各种镁矿的分布情况见表 1-2。

表 1-1 地壳中分布最广的化学元素含量

元素	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg
含量/mass. %	49.13	26.00	7.45	4.20	3.25	2.40	2.35	2.35

表 1-2 各种镁矿的分布情况^[2]

矿物	分子式	含镁量/mass. %	主要分布国家
硅酸镁			
蛇纹石	$3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	26.3	前苏联、加拿大
橄榄石	$(MgFe)_2 \cdot SiO_4$	34.6	意大利、挪威
滑石	$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$	19.2	美国、西班牙
碳酸镁			
菱镁矿	$MgCO_3$	28.8	中国、印度、美国、奥地利、巴西
白云石	$MgCO_3 \cdot CaCO_3$	13.2	中国、前苏联、美国、日本
氯化镁			
水氯镁石	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	12.0	中国、前苏联、美国
光卤石	$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$	8.8	西班牙
硫酸镁			
硫酸镁石	$MgSO_4 \cdot H_2O$	17.6	
钾镁矾石	$MgSO_4 \cdot KCl \cdot 6H_2O$	9.8	前苏联、中国、美国
杂卤石	$MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$	4.0	德国
无水钾镁矾	$2MgSO_4 \cdot K_2SO_4$	11.7	
白钠镁矿	$MgSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 4H_2O$	7.0	中国