

XITU ZHUTIE

盛 达 编著
郭成会

冶金工业出版社

稀土铸铁

(京)新登字 036 号

稀 土 铸 铁

盛达 郭成会 编著

★

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

北京昌平百善印刷厂印刷

★

850×1168 1/32 印张 16.375 字数 433 千字

1994 年 7 月第一版 1994 年 7 月第一次印刷

印数 0,001 ~ 2,000 册

ISBN 7-5024-1445-2

TF·332 定价: (平) 18.00 元

(精) 23.00 元

前 言

我国是稀土大国，稀土储藏量占世界第一，产量和消耗量也处于世界前列。第五、第六、第七个五年计划期间国家科委曾将稀土在铸铁中的作用及应用列为国家科技攻关项目的内容，取得了重大的成果，大大提高了铸铁材质的质量。铸铁生产部门是国内外消耗稀土最多的部门，据我国、美国、日本等国的预测，到2000年铸铁仍是稀土的最大用户。为了更好地推动稀土在铸铁中的应用，我们在全中国稀土在铸铁中应用技术服务中心、包头钢铁稀土公司、河北省沧州福道冶金制品有限公司的支持下编写了此书，希望能对推动稀土在铸铁中应用方面起到有益的作用。本书在编写过程中得到了国务院稀土领导小组办公室、冶金工业部稀土办、中国稀土学会热情的帮助，不少工厂为作者了解和收集资料也提供了方便。首钢铸造厂、本钢轧辊厂、无锡柴油机厂，北京市长阳铸造厂、北京市昌平区小汤山暖气片厂、包头钢铁稀土公司稀土一厂、河北省冀县暖气片厂、北京市昌平区马池口暖气片厂、山西省晋城市稀土合金厂、河北省阳原县高墙乡暖气片厂等单位，在与作者共同开发研究工作中为稀土在铸铁中应用积累了丰富的经验与资料，为本书的编写奠定了基础。

全书由盛达（清华大学）负责。第1至7章（除第3章第4节外）均由盛达编写；郭成会（山西晋城稀土合金总厂）编写了部分内容。本书的出版还得到国务院稀土领导小组办公室，中国稀土学会，包头钢铁稀土公司，河北省沧州福道冶金制品有限公司等单位大力支持，作者所在单位的有关同志在诸多方面也给予了大力协助，在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中如有不妥之处欢迎批评指正。

内 容 简 介

本书是一本关于稀土铸铁的专著，书中综合了国内外研究成果及作者从事研究工作的经验与理论成果，内容包括：稀土在铸铁中应用的理论基础；稀土对铸铁组织性能的影响；制取稀土铸铁的方法；稀土球化剂，稀土蠕化剂，稀土孕育剂；稀土铸铁原铁水的熔化以及稀土在球墨铸铁、蠕墨铸铁、灰口铸铁、白口铸铁、可锻铸铁等铸铁材质中的应用实例和经济效果。此外，还介绍了国内外各种铸铁的标准及所使用的含稀土球化剂、蠕化剂、孕育剂的规格和成分。

本书可供从事稀土合金和铸造生产、科研、教学工作的工程技术人员，研究人员、教师使用，也可作为大专院校有关专业的教学参考书。

本书对于广大的乡镇企业中的铸造生产厂改进和提高铸造生产质量具有特别重要的意义。

目 录

绪 言

1 稀土在铸铁中应用的理论基础	(6)
1.1 稀土金属的基本性能	(9)
1.1.1 稀土元素的电子结构	(9)
1.1.2 稀土元素的物理性能	(10)
1.1.3 稀土元素的热力学性质	(13)
1.1.4 稀土元素的化学性质	(18)
1.1.5 稀土金属的机械性能	(24)
1.2 稀土与铸铁中诸元素反应热力学及合金状态图	(28)
1.2.1 稀土金属—碳的相互作用	(40)
1.2.2 稀土金属—硅的相互作用	(40)
1.2.3 稀土金属—锰的相互作用	(40)
1.2.4 稀土金属—磷的相互作用	(40)
1.2.5 稀土金属—氮的相互作用	(43)
1.2.6 稀土金属—氢的相互作用	(43)
1.2.7 稀土金属—镁的相互作用	(44)
1.2.8 稀土金属—铝的相互作用	(46)
1.2.9 稀土金属—锡的相互作用	(50)
1.2.10 稀土金属—铅的相互作用	(50)
1.2.11 稀土金属—铋的相互作用	(51)
1.2.12 稀土金属—锑的相互作用	(51)
1.2.13 稀土金属—铊的相互作用	(51)
1.2.14 稀土金属—锌的相互作用	(51)
1.2.15 稀土金属—硒的相互作用	(53)
1.2.16 稀土金属—碲的相互作用	(53)
1.3 稀土元素在铁中的固溶度	(55)
1.4 稀土元素在铸铁液中的反应动力学	(56)

1.5 稀土对铸铁组织与性能的影响	(58)
1.5.1 稀土能改善和提高铸铁的机械性能	(58)
1.5.2 稀土可改变铸铁的石墨形态	(60)
1.5.3 稀土能细化铸铁的共晶团	(64)
1.5.4 稀土能中和反球化元素的作用	(64)
1.5.5 稀土对铸铁的白口倾向有双重影响	(67)
1.5.6 稀土夹杂物的形态与组成	(67)
1.5.7 稀土能改善铸铁的高温性能	(68)
1.6 小结	(76)
 2 铸铁的熔炼技术	(79)
2.1 冲天炉熔炼的技术经济要求	(81)
2.2 冲天炉的结构与系列	(82)
2.2.1 冲天炉的结构	(82)
2.2.2 分层送风冲天炉	(97)
2.2.3 两排大间距冲天炉	(97)
2.2.4 卡腰冲天炉	(97)
2.2.5 多排风口及其他结构冲天炉	(102)
2.2.6 冲天炉主要配套设备	(102)
2.3 冲天炉内焦炭燃烧的热力学和动力学	(108)
2.3.1 焦炭燃烧的热力学	(108)
2.3.2 焦炭燃烧动力学特性	(111)
2.4 冲天炉内的冶金反应	(114)
2.4.1 冲天炉炉气	(115)
2.4.2 冲天炉熔渣的性质	(115)
2.4.3 冲天炉内元素的变化	(121)
2.5 冲天炉的熔炼工艺	(128)
2.5.1 底焦燃烧	(128)
2.5.2 金属炉料与炉气的热交换	(129)
2.5.3 影响冲天炉铁水温度的主要因素	(129)
2.5.4 冲天炉熔炼工艺规程	(142)
2.6 冲天炉—感应炉熔炼	(150)

3 含稀土的球化剂、蠕化剂和孕育剂	(169)
3.1 含稀土的球化剂	(169)
3.1.1 球化剂的出现	(169)
3.1.2 球化元素与球化剂	(170)
3.1.3 球化干扰元素	(182)
3.1.4 球化剂成分组合及国内外产品规格	(186)
3.2 含稀土的蠕化剂	(205)
3.2.1 蠕墨铸铁的出现与发展	(205)
3.2.2 蠕化元素与蠕化剂	(206)
3.2.3 蠕化剂中 RE/Mg 比值的确定	(212)
3.2.4 国内外常用蠕化剂的规格	(215)
3.3 含稀土的孕育剂	(218)
3.3.1 孕育技术的发展	(218)
3.3.2 灰口铸铁的孕育及含稀土孕育剂	(219)
3.3.3 国内外常用含稀土孕育剂的规格	(223)
3.3.4 球铁用孕育剂	(231)
3.3.5 可锻铸铁孕育剂	(234)
3.4 稀土三剂的火法冶炼与熔制	(238)
3.4.1 概述	(238)
3.4.2 含稀土球化剂的制取	(238)
3.4.3 含稀土蠕化剂的制取	(245)
3.4.4 稀土孕育剂的冶炼	(247)
附录 我国部分稀土合金生产厂	(257)

4 稀土及含有稀土的铁合金加入方法	(272)
4.1 铁水预处理	(272)
4.1.1 包内冲入法	(273)
4.1.2 回转反应器法	(274)
4.1.3 透气塞(多孔塞)脱硫	(275)
4.1.4 机械搅拌脱硫	(275)
4.1.5 摇包脱硫法	(275)

4.1.6 冲天炉连续脱硫	(276)
4.2 球化、蠕化及孕育的方法	(279)
4.2.1 铁水球化处理办法	(279)
4.2.2 铁水蠕化处理的办法	(290)
4.2.3 稀土灰口铸铁的处理的办法	(293)
5 稀土球墨铸铁	(296)
5.1 稀土球墨铸铁的制取与性能	(296)
5.1.1 球墨铸铁原铁水的成分控制	(296)
5.1.2 球墨铸铁铸造工艺特征	(300)
5.1.3 球墨铸铁的机械性能	(325)
5.1.4 球墨铸铁的物理性能	(344)
5.1.5 球铁的工业应用性能	(353)
5.1.6 球墨铸铁的常见缺陷	(361)
5.2 球墨铸铁的应用	(366)
5.2.1 球墨铸铁管	(366)
5.2.2 球铁钢锭模	(375)
5.2.3 球墨铸铁轧辊	(380)
5.2.4 球墨铸铁汽车拖拉机铸件	(381)
5.2.5 球墨铸铁在石油、化工机械中的应用	(386)
5.3 各国球墨铸铁标准	(388)
5.3.1 中国国家标准	(388)
5.3.2 中国国家标准及各部标准代号	(415)
5.3.3 球墨铸铁国际标准	(416)
5.3.4 美国球墨铸铁标准	(417)
5.3.5 德国球墨铸铁标准	(425)
5.3.6 英国球墨铸铁标准	(429)
5.3.7 法国球墨铸铁标准	(431)
5.3.8 日本球墨铸铁标准	(431)
5.3.9 意大利球墨铸铁标准	(432)
5.3.10 前苏联球墨铸铁标准	(432)
5.3.11 各国奥—贝球铁规格	(433)

6 稀土蠕墨铸铁	(436)
6.1 稀土蠕墨铸铁的制取及性能	(436)
6.1.1 稀土蠕墨铸铁的制取	(436)
6.1.2 蠕墨铸铁的机械性能	(437)
6.1.3 蠕墨铸铁的物理性能	(443)
6.1.4 蠕墨铸铁的铸造性能	(449)
6.1.5 蠕墨铸铁的工业应用性能	(450)
6.2 蠕墨铸铁的生产与应用	(452)
6.2.1 在经受热循环铸件上的应用	(453)
6.2.2 在气密性要求高的铸件上应用的蠕铁泵体、阀体	(458)
6.2.3 在形状复杂、薄壁壳体铸件上应用	(460)
6.2.4 重型机床铸件	(462)
6.2.5 蠕墨铸铁在其他铸件上的应用	(465)
6.3 各国蠕墨铸铁标准	(465)
6.3.1 中国蠕墨铸铁部颁标准	(465)
6.3.2 蠕墨铸铁暂行技术规范	(465)
6.3.3 美国建议的蠕墨铸铁标准	(465)
6.3.4 前西德建议的蠕墨铸铁标准	(465)
6.3.5 罗马尼亚建议的蠕墨铸铁标准	(468)
7 稀土灰铁及其他含稀土铸铁	(470)
7.1 稀土在灰口铸铁中的应用	(470)
7.1.1 稀土灰口铸铁高压暖气片	(470)
7.1.2 稀土灰口铸铁管	(473)
7.1.3 稀土灰口铸铁钢锭模	(475)
7.1.4 稀土灰口铸铁在泵类铸件中的应用	(477)
7.1.5 稀土灰口铸铁在机床铸件中的应用	(480)
7.2 稀土在白口铸铁中的应用	(481)
7.2.1 稀土在中锰白口铸铁中的应用	(481)
7.2.2 稀土在高铬白口铸铁中的应用	(482)
7.3 稀土在镍基耐腐蚀合金中的应用	(483)
7.4 稀土在可锻铸铁和球墨可锻铸铁中的应用	(485)

7.4.1 稀土在可锻铸铁中的应用	(485)
7.4.2 稀土在球墨可锻铸铁中的应用	(485)
7.5 各国灰口铸铁、合金铸铁标准	(486)
7.5.1 中国灰口铸铁国家标准	(486)
7.5.2 中国抗磨白口铸铁技术条件	(488)
7.5.3 中国高硅耐蚀铸铁技术条件	(493)
7.5.4 中国耐热铸铁技术条件	(494)
7.5.5 中国可锻铸铁件国家标准	(497)
7.5.6 英国灰口铸铁标准	(499)
7.5.7 英国耐磨白口铸铁标准	(500)
7.5.8 英国奥氏体铸铁标准	(501)
7.5.9 英国可锻铸铁标准	(503)
7.5.10 英国耐蚀高硅铸铁标准	(504)
7.5.11 德国灰口铸铁标准	(504)
7.5.12 德国奥氏体灰口铸铁标准	(504)
7.5.13 德国耐磨合金铸铁标准	(506)
7.5.14 德国可锻铸铁标准	(507)
7.5.15 日本灰口铸铁件标准	(510)
7.5.16 日本可锻铸铁件标准	(510)
7.5.17 前苏联灰口铸铁件标准	(512)
7.5.18 前苏联可锻铸铁标准	(512)

绪 言

铸铁是国民经济建设和国防建设中必不可少的工程材料，在一般机械制造、冶金矿山、石油化工、交通运输和国防工业各部门所使用的各类机器中铸铁件的重量约占总重的45~90%。铸铁质量的提高是国内外所关注的重要问题。

铸铁发展已有几千年的历史。我国是铸铁的发源地，早在公元前800~700年，我国就成功地生产出了铸铁，公元前513年晋国有了铸刑鼎，出土文物还表明在战国初期我国已经掌握了白口铸铁的柔化处理技术，公元8世纪欧洲铸铁技术逐渐发展⁽¹⁾。最初铸铁的抗拉强度只有60~80N/mm²，而目前奥贝球铁的抗拉强度已经达到1200N/mm²以上。铸铁材质的提高主要是在近一百多年内实现的，它经历了几个飞跃。

1. 孕育铸铁的出现和发展

铸铁的熔化设备及熔化技术随着社会生产发展而不断发展，14世纪欧洲发展起来的现代化的高炉设备已投入工业生产，16世纪英国开始在炼铁时加入熔剂，大大减少了铁锭中的渣子，这种铁再经过几次熔化精炼，还可进一步去除铁中的渣子和杂质。1730年英国人达拜发现用焦炭生产铸铁可大大降低铸铁的价格。因而法国的铸造工作者用单独的小炉子对高炉生铁进行重熔，用这种精炼的方法所得到的铸铁其化学成分更加均匀。1765年瓦特发明了蒸汽机，1794年由J. 威尔克森制造了第一座由蒸汽机鼓风的冲天炉，导致铸铁质量有了进一步提高，使设计师、工程师、建筑师更重视铸铁这一种工程材料的应用。

大约在1810年瑞典化学家伯尔格留斯(Bergelius)和德国物理学家斯特劳梅耶尔(Stromeyer)分别独立地制造出了硅铁，1885年英国人进行了大量试验，把硅铁加入到白口铸铁中以生产高质

量的灰口铸铁件，可推测硅铁是加在浇包内的，这是早期的浇包处理技术。

第一次世界大战后许多欧洲铸造工作者移民到美国，他们在美国进一步研究已掌握的浇包处理技术，以改善灰口铸铁的质量。从而在 1920 年以后用孕育技术控制灰口铸铁的组织和性能在短期内获得迅速发展。标志着铸铁的质量有了一个飞跃。

对包内孕育技术进行研究的人很多，克拉克 (Clark) 和克罗斯拜 (Crosby) 等人都有研究报告，但是第一个专利是美国人米汉 (Meehan) 于 1924 年获得的 (美国专利 No. 1.499.068)，第一个得到专利许可证的是罗斯·米汉铸造厂。自此铸铁作为一种结构材料进入了一个新的发展阶段。因为孕育处理是提高铸铁材质性能非常经济而有效的手段，根据比布劳尔 (I. V. Bibror) 1982 年统计，世界上已经发展了一千多种孕育剂，孕育剂中主要元素有 Si、Ca、Ba、Sr、Zr 等，近年来又研究了含稀土的孕育剂，1961 年道森 (Dawson) 将混合稀土加入到铁水中，发现稀土对灰铸铁具有良好的孕育效果。1967 年米克尔森 (R. L. Mickelson) 研究出了可应用于生产的稀土硅铁合金。我国和前苏联等国自 60 年代以来都相继开展了稀土在铸铁中应用的研究工作，促进了铸铁质量提高。

2. 可锻铸铁

早期出现的铸铁质量差，白口多，在中国古代战国时期就创造了白口铸铁的柔化处理技术，显著地提高了铸铁的强度和韧性。在洛阳出土的铁铲是迄今发现的世界上最早的可锻铸铁件，但未保留技术资料。

近代的可锻铸件是 18 世纪出现的。1722 年在法国出现了白心可锻铸铁，它是由白口毛坯经氧化脱碳而得的，其组织为铁素体 (表面) 和珠光体 (内部)。这是一种较老的生产方法，成分要求较宽，但要求退火温度高，时间长，目前国内外应用较少，只是在欧洲还有一定的比例。随后在 1931 年美国试验成功了黑心可

锻铸铁，它是由白口毛坯经高温石墨化退火而得的，其组织为铁素体（或珠光体）和均匀分布的团絮状石墨。

近年来又发展了球墨可锻铸铁。应用范围稍有扩大。可锻铸铁的性能与灰口铸铁相比大大提高了，而与同样基体的球墨铸铁性能相近。目前生产的可锻铸铁件重量从几十克到100公斤左右，壁厚在2~25mm范围内。由于可锻铸铁要求长时间退火，要使铸件表面与中心都达到预定的组织，在铸件断面尺寸较大时有一定的困难。因此可锻铸铁件在整个铸件总产量中所占比例不大。

3. 球墨铸铁和蠕墨铸铁

球墨铸铁和蠕墨铸铁是较年轻的新型铸铁材料，它们从发现至今只有40多年的历史，球墨铸铁一经发现就获得了迅速发展，蠕墨铸铁在生产中的应用与发展则比球墨铸铁晚十多年。

（1）球墨铸铁

球墨铸铁出现的历史很长久。但投入大量工业生产到现在才40多年。我国河南南阳出土的一种叫铁铤的工具，经金相鉴定，发现其组织中有球状石墨，在现代铸铁中发现球状石墨则是40年代的事。1935~1936年德国发表的有关论文宣布了一种球状石墨，其成分是C约1.5%，Si约3.5%，当时这种金属被称为石墨钢，1937年爱迪（C. Adey）发现活塞环中有球状石墨，海南曼（H. Hanemann）在其所编辑的金相图集（Atlas Metallographicus）中发表了球状石墨照片，此后又研究出在高温下，用碱性炉渣覆盖的高碳铁水快速凝固，在铸态下可得球状石墨。但此项研究未获工业化进展。1947年英国人莫勒、威廉姆（M. Morrogh, W. J. William）在“铸铁、镍碳和钴碳合金中的石墨结构（Graphite formation in cast irons and nickel—carbon and cobalt—carbon alloys）”的论文中论述了铸态铸铁中有球状石墨存在，并于1948年在论文“铸铁中球状石墨的制取（The Production of Nodular Graphite Structures in cast iron）”中宣布了用铈及稀土合金，随后进行孕育获得球墨铸铁的方法，使球墨铸铁进行工业化生产成

为可能,但稀土及稀土合金价值昂贵,人们又寻求新的球化合金。1948年5月美国人岗涅宾(A. P. Gangnebin)提出在铁水中添加镁,随后用硅铁孕育可得球墨铸铁,1949年我国王遵明教授用镁制取球铁也获得成功,用这种镁合金生产球墨铸铁的方法很快在世界范围内推广应用。60年代初期我国利用丰富的稀土资源制成了稀土镁球化剂,并采用冲入法球化处理工艺,逐渐形成了独具风格的稀土镁球墨铸铁系列。

(2) 蠕墨铸铁

蠕虫状石墨是英国人莫勒(M. Moorogh)在用钼制取球墨铸铁的时候发现的。当时不少人认为它是一种中间石墨形态或认为是球状石墨衰退的形态,此外它的名称也混乱、繁多,如伪片状、紧密状、蠕虫状、聚集片状、碎块状、短棒状、半球状、絮片状等,这些都阻碍了蠕墨铸铁的发展,直到1955年易斯太斯(J. W. Estes)等人用喷射 CaC_2 和 MgO 的方法稳定地制取蠕墨铸铁后,蠕墨铸铁的发展才获得了突破,对蠕墨铸铁性能系统研究结果表明蠕墨铸铁的机械性能与球墨铸铁接近,同时又具有相当高的导热性,良好的铸造性能和切削加工性能,这些性能又与灰口铸铁相接近,因此蠕墨铸铁具有良好的综合性能。1966年美国国际镍公司希尔梭(R. D. Schelleng)于1966年取得英国专利(专利号1069058),1969年取得美国专利(专利号为3421886),制取蠕墨铸铁所用的蠕化剂为镁—钛合金。1968年奥地利的吐瑞(W. Thury)等人申请了用稀土合金制取蠕墨铸铁的专利,并于1970年获得奥地利专利局的批准(专利号为290592)。1976年美国国际镍公司生产了Foote合金并投放市场后国外蠕墨铸铁才获得迅速的发展。

我国对蠕墨铸铁研究起步时间与国外差不多,在1966年5月就发表了制取蠕墨铸铁的总结资料,我国丰富的稀土资源极大地促进了蠕墨铸铁的发展。

(3) 奥贝球铁和奥贝蠕铁。

孕育铸铁,球墨铸铁、蠕墨铸铁都是通过控制改善石墨形态

而使铸铁性能获得提高，球状石墨的出现使得通过石墨形态的改善而使铸铁性能提高几乎达到了最高的极限，人们转向研究改善铸铁基体来达到进一步提高与改善铸铁性能的目的。在 70 年代末，中国、美国、芬兰彼此独立地、几乎是同时宣布了各自研究成功的贝氏体球墨铸铁。中国研究成功的是下贝氏体，美国研究的是下贝氏体加马氏体，芬兰研究成功的是上贝氏体加奥氏体球铁。1977 年焦汉森(M. Johanson)宣布芬兰的卡尔克拉(Karkkila)铸造厂开发了一种性能优异的新型球铁，即奥—贝球铁，随后在 1978 年召开的第 45 届国际铸造年会上宣读了该研究论文，并在美、英、法、加等 13 个国家申请了专利（美国专利号 3860457，芬兰专利号 1996/72，原西德专利号 2853870）。这种材料以其优异的性能引起世界各国广泛的重视，被誉为近几十年来铸铁冶金史中的重大成就之一。

综观铸铁质量提高的几个阶段，可看出稀土都起了重大的作用。清华大学的研究者提出了稀土合金加入量与铸铁性能之间对应的“双峰值效应”曲线，表明稀土既能改善灰口铸铁的性质，又能用来作为球化和蠕化元素，制取球墨铸铁和蠕墨铸铁。这种双重作用是其他合金元素所无法比拟的，也是稀土所特有的。但稀土元素加入到铸铁中以改善和提高铸铁性能，必须遵循科学规律，因此需很好地研究这些规律。

本书希望能在有效的应用稀土合金以提高铸铁性能方面给读者提供指导，包括应用稀土合金的原则，国内外现有稀土合金，典型处理工艺、检测方法等，它兼有手册、资料的功能。作者也希望本书的出版能更进一步推动和扩大稀土在铸铁中的应用。

1 稀土在铸铁中应用的理论基础

稀土在铸铁中的应用是稀土在工业中应用的重要领域之一，自 1948 年英国人莫勒 (M. Morrogh) 宣布用铈处理铸铁可以获得球墨铸铁以来，广大的铸造工作者就开始系统地研究稀土在铸铁中的作用机理，开拓它在铸铁中的应用范围。目前在制取球墨铸铁、蠕墨铸铁、稀土灰口铸铁、白口铸铁及一些特种铸铁时，稀土均获得了广泛的应用 (见表 1-1)⁽¹⁾。

表 1-1 1970~1986 年世界球墨铸铁产量，万 t

1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
372.2	427.4	434.8	559.1	665.7	527.2	594.1	643.3	730.3
1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	
761.6	748.5	712.7	660.8	626.5	721.0	723.5	979.1	

我国早在 1950 年就试制成了球墨铸铁，在 60 年代初，由于我国丰富的稀土资源的发现和开发，为用稀土作球化剂生产球墨铸铁提供了物质条件，开辟了广阔的前景，1962 年开始，无锡柴油机厂、无锡球墨铸铁研究室、包头钢铁公司、上海内燃机厂，包头冶金部稀土研究所等单位共同协作先后对稀土球墨铸铁、稀土镁球墨铸铁，稀土钙镁球墨铸铁进行了试投产，稀土镁硅铁合金是我国自行设计开发的新型球化剂系列，大大促进了我国球墨铸铁的生产，在我国，1988 年稀土在铸铁中消耗量占各行业之首，达到稀土消耗总量的 45.7% (见表 1-2)。

表 1-2 1988 年稀土在我国各行业中消耗比例

应用部门		消耗量, t	%
钢铁 有色金属 工业	钢铁	300	4.9
	钢铁	2780	45.7
	有色金属	330	5.4
		3410	56
石油化工		1600	26.3
玻璃陶瓷		300	4.9
稀土荧光永磁		155	2.5
农业微肥		300	4.9
轻纺		50	0.82
打火石		270	4.4
总计		6085	100

根据美国、日本对 2000 年稀土消耗量的预测,表明钢铁工业仍将是稀土最大的应用领域。

表 1-3 提供了 2000 年美国各应用领域对稀土和钕需要量预测。

表 1-3 2000 年美国各应用领域对稀土和
钕需要量预测, t (按稀土氧化物计)

应用领域	1977 年消耗量	2000 年需要量预计		
		最低	最高	可能需要量
石油精炼	6893.2	9070	23582	16326
玻璃陶瓷	2993.1	4535	7256	6349
钢铁	6258.3	13605	26303	22675
其他	634.9	2721	8163	6349
合计	16779.5	29931	65304	51699