

稀土铁合金

和

碱土铁合金

清华大学

稀土铸铁课题组 译校

冶金工业
出版社

750-
173
010

稀土铁合金和碱土 铁合金

清华大学稀土铸铁课题组 译校

31495/1-9

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书根据1983年苏联冶金出版社出版的《稀土铁合金和碱土铁合金》一书翻译。书中介绍了用碳热还原法和金属热还原法从氧化物、碳化物和硫化物原料中还原稀土金属和碱土金属的物理化学分析结果。建立了多元还原金属时控制化学反应的科学基础。探讨了新型稀土铁合金和碱土铁合金的成分，研究了能够显著降低生产成本并且无废弃物的有效工艺过程。本书还对稀土铁合金和碱土铁合金的实际应用经验进行了概括和总结，阐述了工业上广泛应用这些合金的前景。

本书适用于从事铁合金的研究、生产和应用的科学工作者和工程技术人员。

书中插图102幅，表16幅，书末附参考文献237条。

稀土铁合金和碱土铁合金 清华大学稀土铸铁课题组 译校

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)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 8 7/8 字数 234 千字

1991年3月第一版 1991年3月第一次印刷

印数00,001~1,400册

ISBN 7-5024-0784-7

TF·177 定价6.90元

译者的话

各种铁合金是冶炼和铸造生产中广泛使用的不可缺少的变质剂，而稀土金属和碱土金属则是各种变质剂中的主要成分。近年来发展起来的变质剂中稀土和碱土金属的作用更为突出。我国是世界上的稀土储藏量最丰富的国家，如何发挥我国资源优势，研究适合我国资源特点的变质剂是我们面临的重要任务。清华大学机械系稀土“三剂”（球化剂、蠕化剂、孕育剂）系列化研究科研小组根据国家科委下达的任务正在从事这方面的研究。

苏联也是世界上稀土储藏量丰富的国家之一，在稀土铁合金和碱土铁合金方面进行了大量的系统的研究工作，有些成果值得我们借鉴。我们将1983年苏联冶金出版社出版的“Ферросплавы с редкоземельными и щелочноземельными металлами”一书翻译出版，此书对用碳热法，金属热还原法制取稀土铁合金和碱土铁合金的理论、熔炼工艺，所熔炼合金的显微组织和物理化学性能，不同生产方法的比较，生产和使用这些合金的安全与防护以及经济效益问题进行了深入的系统的阐述，可供有关大专院校师生及从事这些合金生产及应用的单位的工程技术人员参考。

本书由清华大学机械系从事稀土研究工作的部分教师、研究生共同翻译和校对。其中第一章由左保华副教授翻译；第二、三、四、五、六章由工程硕士李树江工程师翻译；第七章和前言由博士研究生刘文今翻译。全书由盛达副教授统编并审校。在本书翻译出版过程中得到了冶金工业部稀土办以及宋晋生、林炜、吴甦、季诚昌、骆培亭、左京、李华照、邱整、周林、王传臣、郑亮、叶国胜、祝立新等同志的支持与帮助，在此一并致谢。

1989年6月

41833

I

序

现代冶金工业对铁合金的牌号种类和质量提出了越来越高的要求。对铸铁、铸钢和轧制钢进行变质处理的理论与实践的发展，提出了制造含有稀土和碱土金属的新型变质剂的必要性。

苏联和各国科学工作者主要是在近十年内以自己的工作奠定了这个科学方向的理论基础。尽管在此期间内发表了大量论文，但对复合合金和复合变质剂的合理熔炼工艺始终没有一致的见解，对碳热还原法和金属热还原法熔炼铁合金的工艺和经济上的优缺点以及各类铁合金的最佳适用范围也未进行讨论。

由专利文献和定期刊物上已知的复合合金和变质剂的成分不计其数，这就造成了组织这些合金广泛的工业生产的困难，而使得这一问题难于从整体上解决。研究者在决定新的合金与变质剂成分时主要是根据这些合金与变质剂的一些使用部门的局部情况考虑的。而对于如何选择合理的原料、原料的准备方法、合金的熔炼工艺、生产与应用的经济性以及卫生环保条件等问题，研究者通常还都未予考虑。

因此，分析总结已经积累的知识并使之系统化对我们来说是有益的，而且是当务之急。

全苏金属科学研究所、中央黑色冶金科学研究所、苏联科学院乌拉尔科学中心冶金研究所、乌克兰特种钢科学研究所、全苏黑色冶金安全技术科学研究所、扎波罗热机械制造和工业科学研究所、中央机器制造工艺科学研究所和全苏铸造机械、铸造工艺及铸造生产自动化研究所科学生产协会、苏联乌克兰科学院铸造研究所、克柳切夫铁合金厂、叶尔玛柯夫斯克铁合金厂、车里雅宾斯克电冶金联合企业积极地参与了解决稀土铁合金和碱土铁合金的生产、应用问题的各项工作，作者们谨此致谢。

前 言

科学技术的进步和以火箭、宇航事业为代表的新兴工业的发展，以及改善金属产品质量的必要性，使稀土金属和碱土金属获得了广泛的应用。稀土金属和碱土金属及其合金以其独特的性质成为最重要的新材料，当代所有的工业发达国家都对它们予以极大重视。

全世界稀土原料的开采量高速增长。近10~15年之中稀土原料的开采能力增加了若干倍。据不完全统计，国外稀土矿采选企业的生产能力在1960年是2.1万t，到1970年就已达4.2~4.5万t。

对于含钨、含铈原料的工业需求一直在增加。特别是在美国，从1962年至1970年，对钨的需求量从92.8万t增至150.3万t。

钢铁工业是需要稀土、碱土金属的最重要的工业部门之一。现代的炉外精炼钢的技术由于成本昂贵而使其应用受到了限制。因此，在解决金属精炼和变质问题时，对于大部分产品而言，理想的方法是采用新型的含有稀土金属和碱土金属的复合铁合金，这些新型合金对于钢中的氧、硫和其他的有害杂质有很强的化学亲和力。特别是，苏联和国外把稀土金属用于铸造的和轧制的结构钢、不锈钢、耐热钢及其他钢种的生产所获得的经验证明。大幅度提高钢的物理—机械性能、工艺性能和使用性能的可能性。

用稀土金属和碱土金属对钢进行微合金化处理可以提高轧制钢的低温性能、减少其各向异性。用它们处理铸钢则可以使铸钢的塑性和韧性接近轧制钢的相应指标。焊接用钢在焊缝部分的特征是铸态组织与轧制组织的结合，焊缝通常倾向于层状破裂。稀土用于焊接用钢对于改善焊缝有着特殊的效果。

稀土金属和碱土金属对灰铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁的性质能够产生极有效的影响。例如，用镁或稀土变质获得的球墨铸铁，强度极限超过灰铸铁1~2倍。在实际应用中，球墨铸铁在很大程度上体现了经济上的优越性。例如，球墨铸铁曲轴的耐磨性能是碳钢曲轴的2~2.5倍。将微量（0.03~0.05%）的稀土、钡或锶加入铸铁，就可以获得没有白口的薄壁铸件。

在工业中广泛利用稀土金属和碱土金属，可以提高钢和铸铁的质量，降低金属零件的重量，提高零件使用的可靠性和耐久性，最终将大幅度地节约金属。

以提高铸铁、钢和特种合金的质量为目标，国外某些公司掌握了生产稀土硅化物、锶硅铁和各种含稀土、碱土金属的复合铁合金的技术。在1969年到1974年，资本主义国家冶金工业对稀土金属的需求量增加了14倍，仅主干线管道用钢的生产就消耗了超过2500 t 的稀土金属。

稀土铁合金和碱土铁合金具有很高的化学活性，它们的生产和应用是一个复杂的科学技术问题。研究合理的铁合金成分和探讨制取它们的有效工艺过程（工艺过程要能保证原料中的各元素得到高水平的直接利用、保证合金用于变质处理时要简便、安全和经济）就是这个问题的主要方面之一。

本书作者们的目的是试图把所积累的有关稀土铁合金和碱土铁合金的生产及其在钢和铸铁中应用的资料系统化。

书中包括了作者们自己的研究成果，这部分内容是关于用碳、硅和铝还原稀土和碱土金属的热力学和动力学方面的研究。本书还介绍了作者们所研究出的制取各种用于钢和铸铁的铁合金的具体工艺过程，这些工艺过程保证了在相当程度上降低合金的成本和防止对周围环境的污染。

目 录

第一章 镁、碱土金属和稀土金属与周期表中	
诸元素相互作用的特性	1
一、镁、碱土金属和稀土金属与各化学元 素的相互作用.....	2
二、选择复合合金成分的某些决定性因素	16
三、复合合金的制取特点	24
第二章 炉料	29
一、稀土矿石和稀土精矿	29
二、碱土矿石和碱土精矿	33
三、还原剂	39
1. 碳热还原过程的还原剂	39
2. 金属热还原过程的还原剂	42
第三章 制取稀土铁合金和碱土铁合金的碳热还原法	44
一、过程的物理化学基础	44
1. 还原单一元素的特点	44
2. 多种元素还原的特点	52
3. 碳在还原过程中的作用	55
4. 稀土金属和碱土金属的还原反应过程	57
二、熔炼前炉料的准备方法	115
三、熔炼工艺	122
1. 稀土铁合金	123
2. 硅钙合金	135
3. 含钡、铈的铁合金	138
四、碳热还原过程的特点	149
第四章 制取含镁铁合金、碱土铁合金和稀土	
铁合金的金属热还原法	156

一、过程的物理-化学基础	156
1. 反应产物中各组元活度的计算	158
2. 金属热还原法还原稀土金属和碱土金属的某些规律	160
3. 还原过程的温度条件	179
二、熔炼工艺	181
1. 硅钙合金	181
2. 稀土铁合金	184
3. 含钡的铁合金	187
4. 含镁的铁合金	191
第五章 稀土铁合金和碱土铁合金的各种	
生产方法的比较	195
一、选择合理的方法	195
二、卫生环保条件	200
第六章 稀土铁合金和碱土铁合金的显微组织	
和物理化学性质	207
一、显微组织	207
二、水化性	222
三、密度和熔点	227
四、燃烧和爆炸危险性	228
第七章 稀土铁合金和碱土铁合金的应用	232
一、钢的生产	233
二、高强度球墨铸铁的生产	245
三、蠕虫状石墨铸铁的生产	257
四、灰铸铁和球墨铸铁的孕育处理	258
五、使用稀土铁合金和碱土铁合金的技术经济效果	263
参考文献	265

第一章 镁、碱土金属^①和稀土金属

与周期表中诸元素相互作用的特性

镁、碱土金属和稀土金属由于其独特的特性，尤其是高的化学活性，对于解决许多重大科学技术问题具有非常重要的意义。为了改善钢与合金的使用性能，这些元素在冶金中的应用正在迅速扩大。镁、碱土金属和稀土金属的作用表现在脱氧、脱硫、脱磷与那些对金属的性能有不利影响的元素，其中包括易熔的有色金属杂质形成结合力很强的化合物。

用碱土元素和稀土元素或者它们的合金处理液态金属不仅可以减少一般有害杂质的污染，而且能使残留在金属中的非金属夹杂物的尺寸、形态和分布特点按希望的趋向改变，因此使金属制品的性能得到改善。

归根结底，提高金属的纯洁度能增强合金原始晶粒或晶粒间的联系，改善热塑性，提高低温稳定性，热强度及其他重要使用性能。镁、碱土元素与稀土元素在所处理的金属中溶解度不高，它们的作用常表现为细化和强化纯金属或固溶体基体的晶粒（变质作用）。

同时，应当指出，由于活泼元素多方面的复杂作用使得所处理的钢与合金不能得到相同的和稳定的结果。例如，使用含有稀土元素的合金常发现钢锭中有宏观缺陷，这类缺陷称为铈偏析或者铈缩松，它与稀土元素的硫化物和硫氧化物的集聚有关。实际上经常见到由于吸收率波动或者在金属体积内分布不均衡造成的金属性能不稳定。

^①俄文缩写为III3M。——译者

经验证明，利用镁、碱土金属和稀土金属处理钢与合金必须根据处理的金属性能（化学成分、温度、密度等）和提高金属制品工艺性能的具体任务选择添加剂的成分、数量以及加入方法。

当拟定研究镁、碱土金属和稀土金属对金属性能综合影响的新方法时必须考虑到它们和溶液中元素的相互作用的特性。

一、镁、碱土金属和稀土金属与各化学元素的相互作用

关于镁、碱土金属和稀土金属化合物的热力学性能的资料引自文献[1~4]。近几年由于这些元素在冶金方面的应用扩大以及制出了含有较高碱土金属和稀土金属的专用合金，所以关于含碱土金属和稀土金属的化合物与溶液的性能的报道大为增多。

为了近似地评定周期表各元素的相互作用，利用了最近几年来参考书和期刊上有充分代表性的各元素在不同二元系中最稳定化合物的生成热或初期的溶解热。主要是标准态下的生成热。但是，对于形成金属间化合物和稳定化合物的体系，在没有298K时的数据的情况下，采用二元合金系中的数据。

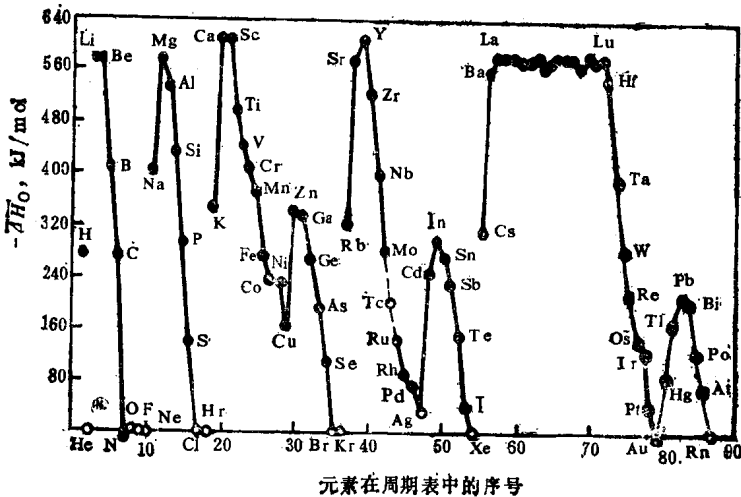


图 1 氧—元素体系

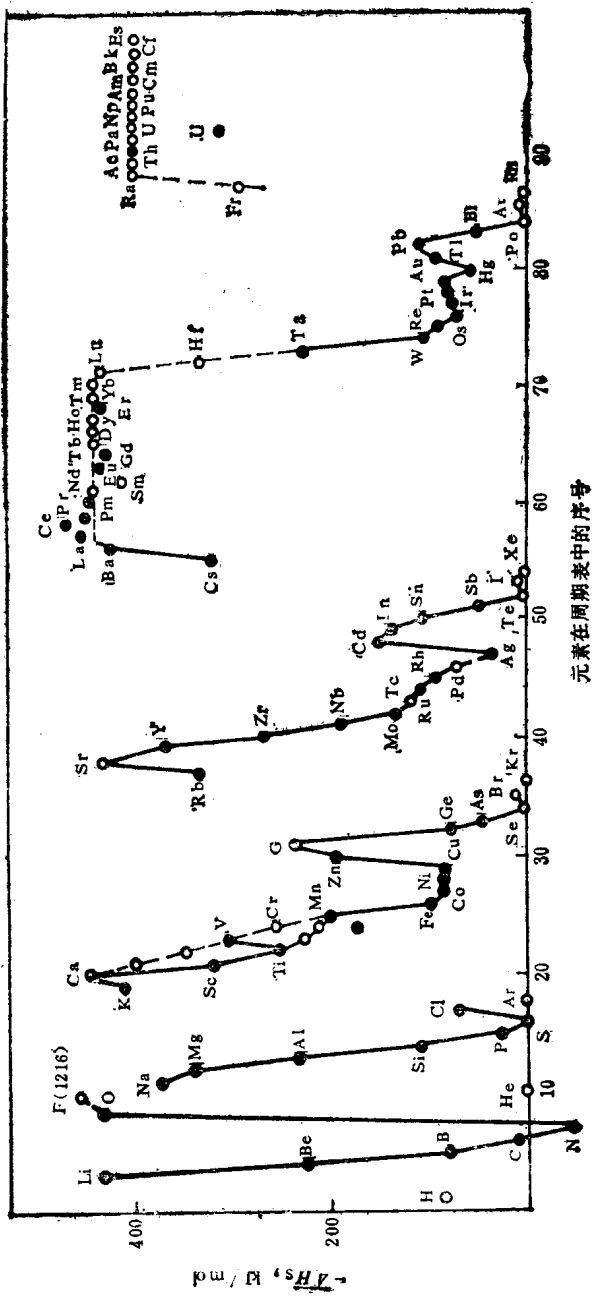
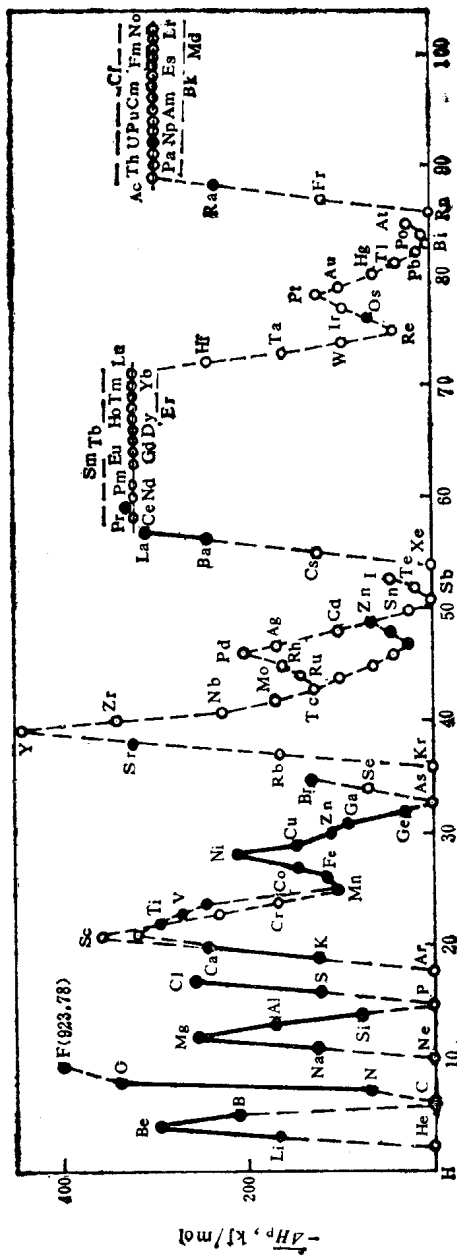
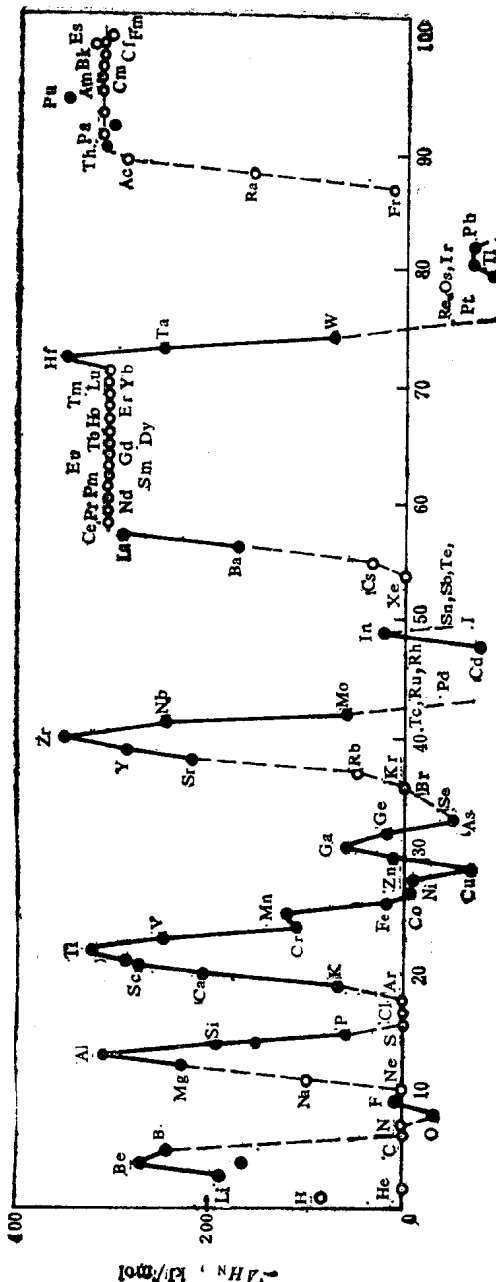


图 2 硫—元素体系



元素在周期表中的序号

图 3 磷—元素体系



元素在周期表中的序号

图 4 第一元素体系

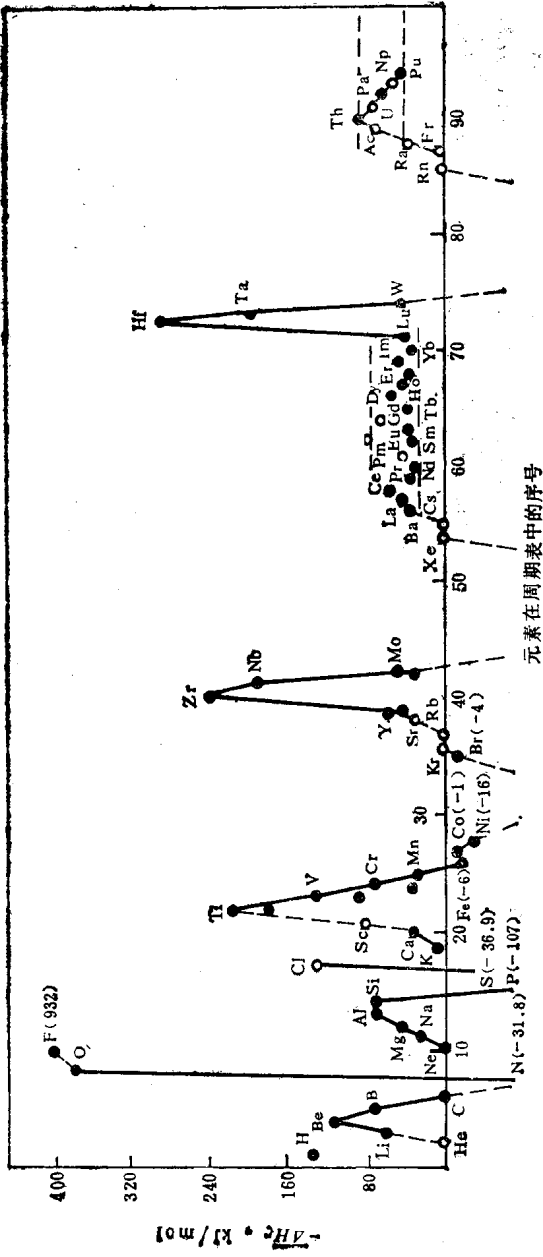
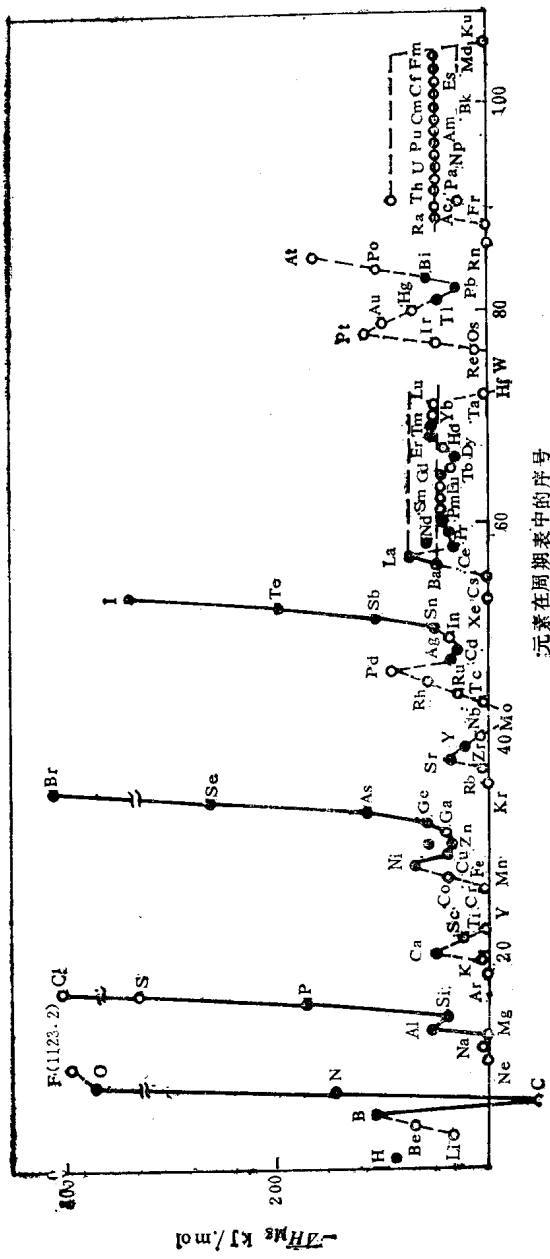


图 5 碳—元素体系



元素在周期表中的序号

图 6 镁—元素体系

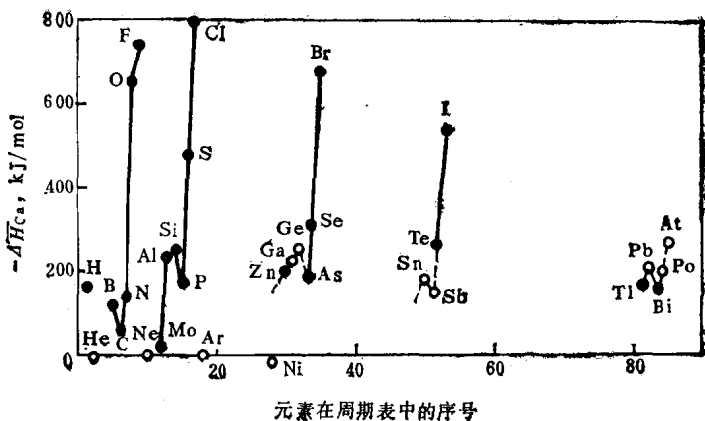


图 7 钙—元素体系

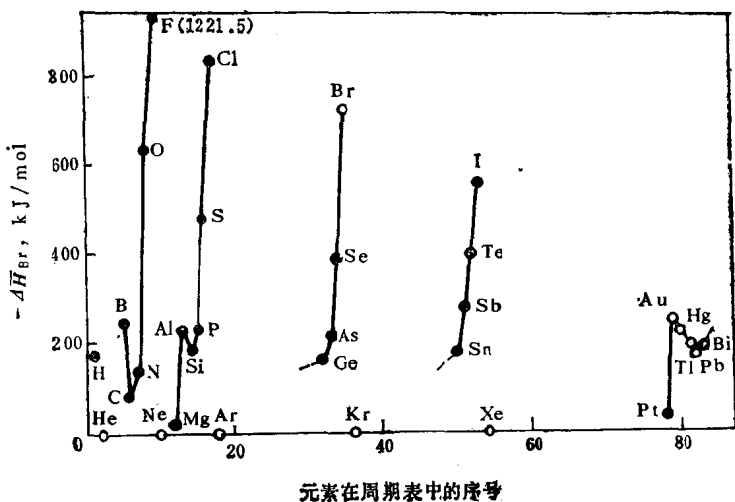


图 8 铊—元素体系

这些数据相比并不存在本质上的差别，因为在固态和液态中元素的相互作用热效应差别不大。

特别是比较各元素在最稳定化合物中相互作用热效应和它们在二元系合金中的初始溶解热更是这样。

为了便于比较1mol(分子)所研究元素的最大热效应，按这