

铌·科学与技术

Niobium

Science & Technology

冶金工业出版社

TMS

铌·科学与技术

Niobium

Science & Technology

Proceedings of the International Symposium Niobium 2001
held in Orlando, Florida, USA.
December 2-5, 2001

北 京

冶金工业出版社

2003

Published by TMS(The Minerals, Metals & Materials Society)
184 Thorn Hill Road, Warrendale, Pennsylvania 15086-7528, (724) 776-9000
Visit the TMS web site at <http://www.tms.org>

Statements of fact and opinion are the responsibility of the authors alone and do not imply an opinion on the part of the officers, staff, or members of TMS or Niobium 2001 Limited. TMS and Niobium 2001 Limited assume no responsibility for the statements and opinions advanced by the contributors to this publication or by the speakers at its program. Registered names and trademarks, etc., used in this publication, even without specific indication thereof, are not to be considered unprotected by the law.

No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, microfilming, recording, or otherwise, without written permission from the copyright holder.

Printed in the United States of America
Library of Congress Catalog Number 2003102738
ISBN Number 0-9712068-0-5

COPYRIGHT 2001-2002 NIOBIUM 2001 LIMITED

TMS

The Minerals, Metals, and Materials Society. All rights reserved.

图书在版编目(CIP)数据

铌·科学与技术/中信微合金化技术中心编译. —北京:冶金工业出版社, 2003. 8

ISBN 7-5024-3302-3

I. 铌… II. 中… III. 铌—国际学术会议—文集
IV. TG146.4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 046390 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 李 梅 郭庚辰 美术编辑 李 心

责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 牛晓波

北京市铁成印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2003 年 8 月第 1 版, 2003 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 47 印张; 1260 千字; 733 页; 1-3300 册

149.00 元

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(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

Editorial Committee

- P. J. P. Bordignon-CBMM-São Paulo-Brazil
T. Carneiro-Reference Metals Company Inc. -Pittsburgh, PA-USA
J. Duncombe-consultant-Rotherham-UK
D. Howden-consultant-Sunbury, OH-USA
K. Hulka-Niobium Products Company GmbH-Düsseldorf-Germany
A. Issa Filho-CBMM-Araxá-Brazil
S. R. Keown-Beta Technology Ltd. -Doncaster-UK
C. Klinkenberg-Niobium Products Company GmbH - Düsseldorf-Germany
W. Morrison-consultant-Rotherham-UK
J. K. Patel-Niobium Products Company GmbH - Düsseldorf-Germany
A. T. Pereira-CBMM-Araxá-Brazil
B. F. Riffel-CBMM-Araxá-Brazil
F. Siciliano-CBMM-São Paulo-Brazil
G. Tither- Reference Metals Company Inc. -Pittsburgh, PA-USA

编译委员会

主任委员：傅俊岩(CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心)

副主任委员：王伟哲(CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心)

委 员：

中信微合金化技术中心：	邱文光	杨雄飞	侯豁然
	东 涛	王祖滨	孟繁茂
宝山钢铁公司钢铁研究院：	陆匠心	陈钰珊	郑 磊
鞍山钢铁集团公司技术中心：	郭惠久	于功利	胡俊鸽
武汉钢铁集团公司技术中心：	刘振清	汪福成	周桂峰
北京科技大学材料学院：	康永林	尚成嘉	
北京钢铁研究总院：	刘清友	富 莉	
东北大学冶金材料学院：	刘春明	刘常升	
上海大学材料学院：	李 麟		
太原钢铁集团公司技术中心：	崔天燮		
宁夏东方钽业股份有限公司：	张宗国		

译者的话

1981年11月,在美国旧金山市举办“1981年铌国际学术会议”时,钢铁研究总院吴宝榕教授代表中国钢铁界参加了会议,并宣读了由东涛、田亥、吴宝榕教授共同撰写的文章《中国含铌合金的研究与开发》。会后不久,我有幸从巴西 CBMM 公司 Harry Staurt 博士那里拿到了《1981年铌国际学术会议论文集》,文集中有关铌微合金化技术和含铌钢的研究成果,对我当时在钢铁研究总院参加由东涛同志领导的 X60-X65/X70 管线钢研究课题和 1985~1987 年在美国匹兹堡大学作访问学者时进行的连铸低碳微合金钢热塑性的研究工作,有很大的帮助,也对我后半生与 CBMM 合作在中国推广微合金化技术的事业产生了巨大影响。

20年后,在2001年12月,我有幸应巴西 CBMM 公司邀请,组织和陪同中国冶金界专家代表团一起赴美参加了在美国佛罗里达州奥兰多市举办的“2001年铌国际学术会议”。参加此次会议的中国专家有中国钢铁工业协会、中国金属学会副理事长李世俊,宝钢集团前副董事长沈成孝,宝钢股份公司副总经理崔健,鞍钢技术中心主任郭惠久,武钢技术中心常务副主任刘振清,马钢总经理助理/研究所所长苏世怀,北京钢铁研究总院副院长田志凌、章洪涛教授,宁夏东方钽业股份有限公司副总工程师曾芳平。这是一次纪念铌发现 200 周年的空前盛会,与会代表超过 200 人;也是一次总结自“1981年铌国际学术会议”之后,20年间世界铌应用科学技术进步的学术研讨会。会上来自世界各地的 50 多名世界著名学者和专家就过去 20 年间铌在各个工业领域的应用技术的进步和发展方向进行了精辟的阐述,其内容涉及铌资源、铌冶金和铌在电子、陶瓷、光学、钢铁冶金与材料、化工、航空航天、超导技术等诸多领域在过去 20 年间的科学技术进步和发展。

铌是高科技领域中重要的合金材料。虽然铌的发现已经有 200 年的历史,但是作为工业材料使用只是最近 40 年的事情。在这段时间里,铌因为其本身所特有的技术特性,帮助人类解决了很多工程技术难题。这些工程包括:油气输送管线、汽车工业、高层建筑、飞机发动机、化工和医疗设备等。随着铌的某些特性被进一步发掘,未来铌作为重

要的工程材料,其应用领域将更加广泛。其中,铌的应用对国民经济建设影响最大的是含铌微合金化高强度钢,它的发展始于20世纪50年代末和60年代初,当时是在普碳钢基础上添加铌作为微合金化元素来提高钢的强度和韧性。70年代至80年代,控轧(CR)、控冷(CC)加工技术的开发,推动了以石油天然气大口径管线钢为代表的含铌高强度微合金化钢的发展,90年代至2000年初汽车工业用的无间隙原子IF钢,铁素体不锈钢和可焊接高强度结构钢厚板等高技术钢材的开发生产,使铌又成为热机械处理(TMCP)等高新冶金生产技术必选的重要微合金元素而广泛使用。

在发达的美国、日本、西欧等国家和地区,其钢铁工业铌铁消耗强度为60~80g/t(粗钢)左右。中国已是世界钢铁大国,2002年钢产量已超过1.82亿t,但是,铌铁消耗强度仅8g/t(粗钢)左右,90%以上的钢种是普通低强度的碳素钢,这正说明中国钢铁工业钢材品种结构的落后,而每年国家又耗费巨额外汇从国外进口大量(如2002年进口2900万t)高附加值的钢材以满足国内需求,极不合理。因此中国钢铁工业要进行品种结构调整,需借鉴国外先进经验,加速发展高强度微合金化钢和含铌合金钢,这也是实现向钢铁强国转变的必由之路。

在此次研讨会上,世界各个领域的著名专家就过去20年间各工业领域用含铌高强度钢的研究与开发前景进行了精辟论述,其内容涉及高强度大口径管线钢、汽车工业用高强度热/冷轧板带材、IF钢、双相钢、海洋平台和船舶工业及高层建筑用可焊接高强度钢板、H型钢、棒线材、工程机械用高强度钢、石油化工及民用不锈钢、电站锅炉用超临界温度的抗蠕变耐热钢、飞机及航天工业用高温合金和合金钢以及含铌的铸钢和铸铁件技术的发展。

在巴西CBMM公司和鲍迪侬先生(Mr. P. Bordignon)的支持下,经Niobium 2001有限公司授权,CITIC-CBMM中信微合金化技术中心组织翻译,冶金工业出版社出版了该会议文集的中文版本《铌·科学与技术》,供中国钢铁/有色金属、电子、汽车、石油化工以及国防等工业领域的专家、学者、工程师,冶金院校的教授、研究生借鉴和参考。

我相信,“2001年铌国际学术会议”论文集的中文译本《铌·科学与技术》的出版,必将对我国铌应用技术的进步,尤其是对我国钢铁工业品种结构调整,加速发展微合金化技术和含铌高强度低合金钢、合金钢、高温合金及其他相关行业铌应用的科学研究,将产生巨大的推动作用。

本论文集的翻译出版工作还得到了宝钢、鞍钢、武钢、太钢等公司的技术中心,北京钢铁研究总院,北京科技大学、东北大学、上海大学,宁夏东方钽业股份有限公司以及冶金工业出版社的领导和朋友们的大力支持,在此表示衷心的感谢!

CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心:

2003年4月25日

Preface

The Niobium 2001 Symposium took place in a very special year, for two memorable reasons; first, 2001 marked the 200th anniversary of niobium, which was discovered in 1801 by the British chemist, Charles Hatchett; and second, it had been twenty years since the last Symposium, Niobium 81, which was held in San Francisco, California in 1981.

Although niobium was discovered 200 years ago, it was only after the development of large deposits in Canada and Brazil in the mid-1950's that it took its rightful place, both in industry and history.

After the emerging and dynamic markets of the 1960's and 1970's, a long period of stabilisation occurred in the 1980's. It is self evident that the growth in new products, coupled with a strong global economy, influenced the niobium market in the last decade. However, today we see the possibility of a second period stability in the demand for niobium.

The major niobium producers in Brazil and Canada have been principally responsible for making niobium readily available and for guaranteeing stability of supply in the market. These niobium producers: Anglo American of South America Ltda. ("Mineração Catalão"), Cambior, Inc. and Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração ("CBMM") provided substantial support for this Symposium, as did Metallurg, Inc. and Nissho Iwai Corporation. For this, we thank them.

Some 20 years ago Niobium 81 brought together the leading lights in our industry, presenting cutting edge science and state of the art technologies for niobium. Topics ranged from production to commercial applications. However, 20 years is a long time, and since then new technolo-

gies and new products have been successfully developed and applied, and the global market had changed. It continues to change.

The authors of the papers in this book are internationally recognised experts. Their papers review the latest developments in the science and technology of niobium. Their contributions are unquestionably the true success of the Symposium, which was more than the presentation of papers. Informal discussions and lively exchange in ideas were the rule, rather than the exception. The papers in this book were catalyst for those discussions and many more which we expect will occur in the future.

To each of the authors, for their time and their scholarship, we send our heartfelt thanks. Their combined efforts have enabled all of us to better bridge the gap from 1981 to the 21st century.

Similarly, we express our gratitude to all the technical societies which sponsored Niobium 2001—The Minerals, Metals & Materials Society (USA), Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (Brazil), Associazione Italiana di Metallurgia (Italy), The Chinese Society for Metals (China), The Iron & Steel Society (USA), The Iron & Steel Institute of Japan (Japan), Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (Canada), Société Française de Métallurgie et de Matériaux (France), Verein Deutscher Eisenhüttenleute (Germany).

And finally, a special thanks to all who came from near and far to attend the Symposium, especially at a time when many people around the world were anxious, even frightened of traveling. You made Niobium 2001 a reality!

The Editorial Committee

序

2001 年在美国奥兰多市召开“2001 年铌国际学术会议”有两个值得纪念的意义:首先,英国化学家查理斯·哈契特于 1801 年发现了铌,纪念铌发现 200 周年;其次,上一届铌国际学术会议于 1981 年在加利福尼亚州旧金山市召开,距今已有 20 周年了。

铌在 200 年前就已经发现,但直到 20 世纪 50 年代中期,位于加拿大和巴西储量丰富的铌矿被开发以后,铌才真正地在工业中得到应用。

铌市场在 20 世纪六七十年代初具雏形并不断发展之后,在 80 年代出现很长的稳定期。显然,新产品的开发应用以及强劲的全球经济发展对过去 20 年的铌市场产生了巨大影响。

巴西和加拿大主要铌生产商的不断努力,对铌从稀有金属变成容易得到的商品,并保证稳定供应起到了积极作用。包括 Anglo American of South America Ltda(Mineração Catalão)、Cambior 公司、巴西矿冶公司(CBMM)以及 Metallurg 公司和 Nissho Iwai 公司在内的铌生产商为这次研讨会的成功举办提供了重要支持。在此,对他们表示衷心感谢!

20 年前,在“1981 年铌国际学术会议”上,相关领域的重要人物齐聚一堂,介绍并共同探讨了铌的前沿科学发展以及最新技术状况。会议主题范围涉及从铌的生产到最终应用。但是,20 年的时间已经过去了,在这期间,新技术和新产品成功地被开发应用,此外,全球铌的市场也发生了改变,并将持续下去。

本书中的论文作者都是世界著名的专家,他们的文章反映了当今铌科学技术的最新发展。毫无疑问,这些论文保证了“2001 年铌国际学术会议”的成功召开,其意义远远超过论文本身所呈现的内容。会议要求自由讨论,积极交换看法,书中文章是诱发会上自由讨论的催化剂,并将引导科研人员将来取得更多的成就。

我们真心地感谢每位作者,不辞辛苦、毫无保留地奉献出他们所掌握的知识。经过他们的共同努力,更好地弥补了我们自 1981 年至

跨入 21 世纪间的知识空白。

同样,我们也要感谢所有参与主办这次会议的学会:美国矿物、金属与材料学会(TMS),巴西冶金与材料学会(Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais),意大利冶金学会(Associazione Italiana di Metallurgia),中国金属学会(The Chinese Society for Metals),美国钢铁学会(The Iron & Steel Society),日本钢铁学会(The Iron & Steel Institute of Japan),加拿大采矿、冶金与石油学会(Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum),法国冶金材料学会(Société Française de Métallurgie et de Matériaux),德国铁冶金学会(Verein Deutscher Eisenhüttenleute)。

最后,要特别感谢所有来参加这次研讨会的专家代表,特别是在这个非常时期,在全球许多人担心甚至惧怕乘机飞行的情况下来参加这个会议。代表们的参与使“2001 年铌国际学术会议”得以成功地召开。

编辑委员会

内 容 简 介

本书收录了在美国举办的“2001 年铌国际学术会议”上 50 余篇世界著名学者和专家 1981~2001 年 20 年来关于铌在各个工业领域应用技术的进步和发展方向的最新技术论文,与英文版同步出版。

铌是高科技领域中重要的合金材料。铌的应用对国民经济建设影响最大的是含铌微合金化高强度钢。中国钢铁工业钢材品种结构落后,急需借鉴国外先进经验,进行品种结构调整,加速发展高强度微合金化和含铌合金钢,这也是实现向钢铁强国转变的必由之路。

本书介绍了世界铌的资源、采选、生产及应用,铌应用技术涉及冶金、电子、陶瓷、光学、钢铁冶金与材料、化工、航空航天工业、超导技术等诸多领域;论述了各工业领域用含铌高强度钢的研究与开发前景,具体包括高强度大口径管线钢、汽车工业用高强度热/冷轧板带材、IF 钢、双相钢、海洋平台和船舶工业及高层建筑用可焊接高强度钢板、H 型钢、棒线材、工程机械用高强度钢、石油化工及民用不锈钢、电站锅炉用超临界温度的抗蠕变耐热钢、飞机及航天工业用高温合金和合金钢等,以及含铌的铸钢、铸铁件技术发展等。

这些铌科学技术进步的信息和资料对我国钢铁界及其他相关行业的技术人员在科研、生产和教学中会有一定的参考意义,对我国铌应用技术的进步,尤其是对我国钢铁工业品种结构调整,加速发展微合金化技术和含铌高强度低合金钢、合金钢、高温合金及其他相关行业铌应用的科学研究将产生巨大的推动作用。

本书可供中国钢铁及有色冶金、电子、汽车、建筑、石油化工以及国防等工业领域的专家、学者、工程师,冶金及相关院校的教授、研究生、本科生借鉴和参考。

书中内容主要包括以下部分:

- 1981~2001 年间铌市场及技术的发展
- 采矿、选矿和母(中间)合金产品
- 冶金学、工艺和铌基合金的生产
- 铌基材料的应用
- 铌作为微合金元素的应用
- 铌作为合金元素的应用
- 铌:未来技术和市场发展

目 录

1981~2001 年间铌市场及技术的发展

G. Tither 美国	1
--------------------	---

采矿、选矿和母(中间)合金产品

Niobec 矿铌铁的生产

C. Dufresne, G. Goyette 加拿大	19
-----------------------------------	----

巴西 CATALAO I 和 II 矿中碱性超镁铁质的侵入岩式 Nb 矿的复杂性

H. N. Guimarães, R. A. Weiss 巴西	24
---------------------------------------	----

关于 CBMM 铌矿矿物学、采矿及巴西 MG 的 ARAXA 烧绿石处理工艺的若干方面问题

A. I. Filho, B. F. Riffel, C. A. F. Sousa 巴西	35
--	----

铌铁矿-钽铁矿的处理和富集精炼及铌和铌的化合物在电子学中的应用

J. Eckert, K. Reichert, C. Schnitter, H. Seyeda 德国	45
--	----

铌铁制造技术的发展

C. A. F. Sousa 巴西	58
-------------------------	----

高纯铌母合金的生产

S. Sattelberger, G. Lober 德国	63
------------------------------------	----

冶金学、工艺和铌基合金的生产

铌合金的多元相图计算

L. Kaufman 美国	69
---------------------	----

多元铌基合金的氧化行为

E. S. K. Menon, M. G. Mendiratta, D. M. Dimiduk 美国	78
--	----

铌的熔化与提纯

H. R. S. Moura 巴西	95
-------------------------	----

铌合金的热机械工艺与性能

C. C. Wojcik 美国	103
-----------------------	-----

光学级和陶瓷级氧化铌的生产及应用

T. Okada 日本	110
-------------------	-----

铌基材料的应用

超导射频谐振腔用铌材

D. Proch, P. Schmueser, W. Singer, L. Lilje 德国 117

铌钛(NbTi)和铌锡(Nb₃Sn)超导体的制造和应用

H. Krauth 德国 132

低温铌基超导体的未来

B. A. Zeitlin 美国 142

铌合金及高温应用

J. Hebda 美国 157

用于高压钠(HPS)放电灯的铌和 Nb-1% Zr 合金

C. A. Michaluk, L. E. Huber, R. B. Ford 美国 172

铌的化合物在催化方面的应用

K. Tanabe 日本 177

声学 and 光电应用的铌化合物

D. H. Jundt 美国 190

氧化铌在环保光学玻璃中的应用

M. Morishita, M. Onozawa 日本 203

铌在电容器中的应用

D. F. Pérsico, B. J. Melody, T. Kinard, L. Mann, J. J. Beeson, J. Nance 美国 210

铌和铌合金在腐蚀上的应用

R. A. Graham, R. C. Sutherlin 美国 219

铌作为微合金元素的应用

铌作为微合金化元素的历史

L. Meyer 德国 231

炼钢和连铸技术的最新进展

N. Bannenberg 德国 243

在 CSP 上生产 Nb 微合金钢的最新进展

K. E. Hensger, G. Flemming 德国 259

铌在钢中物理冶金基本原理

A. J. DeArdo 美国 271

热机械轧制工艺模拟

E. J. Palmiere, C. M. Sellars 英国; S. V. Subramanian 加拿大 314

用炉卷轧机轧制生产含铌钢

L. E. Collins 加拿大 330

高强度管线钢的发展和生产

H-G. Hillenbrand, M. Gras, C. Kalwa 德国 340

适合于螺旋电阻焊含铌管线钢的生产

R. Rittmann, K. Freier 德国	357
管线钢的高温加工	
K. Hulka 德国; J. M. Gray 美国	368
铌在高强度油井管中的应用	
Y. -I. Komizo, T. Kushida, K. Miyata, T. Omura 日本	386
微合金结构钢板轧制热处理及应用	
A. Streisselberger, V. Schwinn, R. Hubo 德国	393
热轧高强度低合金带钢在汽车和建筑领域的应用	
J. Patel, C. Klinkenberg, K. Hulka 德国	407
冷轧高强度微合金钢板卷产品	
B. Engl 德国	425
含铌 IF 钢的工艺设计、组织与性能	
T. M. Osman, C. I. Garcia 美国	439
铌在双相钢和 TRIP 钢中的应用	
W. Bleck, A. Frehn, J. Ohlert 德国	456
电厂用抗蠕变铁素体钢	
I. von Hagen, W. Bendick 德国	473
铌在高强度可焊接工字钢和其他结构钢中的应用	
B. Donnay; H. Grober 卢森堡	488
铌在工程用微合金化钢——线棒材和表层渗碳产品中的应用	
T. Kimura, Y. Kurebayashi 日本	503
铌在钢轨钢中的应用	
H. de. Boer 德国; H. Masumoto 日本	513
铌在钢铸件与锻件中的应用	
G. Tither 美国	527
含铌钢在汽车制造业中的应用	
E. J. Drewes 德国; E. F. Walker 英国	546
管线工程中的含铌钢	
J. M. Gray 美国	557
钢结构用高强度钢	
G. Sedlacek, C. Müller 德国	569
含铌低合金高强度钢的焊接性能	
A. D. Batte, P. J. Boothby 英国; A. B. Rothwell 加拿大	582

铌作为合金元素的应用

铌在铁素体不锈钢和马氏体不锈钢中的应用	
N. Hiramatsu 日本	603
铌在奥氏体不锈钢和双相不锈钢中的作用	
D. Dulieu 英国	611

铌在工具钢与硬质合金中的应用

F. Jeglitsch 奥地利 628

铌在石油化工用离心铸管中的应用

R. Kirchheiner, P. Woelpert 德国 655

含铌耐热铸钢在汽车零件中的应用

K. Hayashi, K. Otsuka, K. Itoh 日本 665

铌在铸铁中的应用

T. Nylén 瑞典 669

铌在变形高温合金中的作用

S. J. Patel, G. D. Smith 美国 680

铌:未来技术和市场发展

F. Heisterkamp 德国; T. Carneiro 美国 699

1981~2001 年间铌市场及技术的发展

Geoffrey Tither

Reference Metals Company, Inc.

1000 Old Pond Road, Bridgeton, PA 15017-0217, U.S.A.

摘要:本文回顾了过去 20 年间铌矿藏、供应的变化以及铌冶金技术的进步。另外,本文着重介绍了含铌钢尤其是微合金钢和不锈钢、铌金属和合金、高温合金、铌化合物以及铌的一些特殊应用,在市场应用方面的显著增长。1981~1982 年经济大萧条后,几乎每一年,铌在它的主要应用领域——钢铁中的消费量的增加都创造新纪录。汽车、轻型卡车、油气输送管线、建筑用板和结构型材都是铌最重要的应用领域。人们通过提高铌的加入量对传统的高温合金,如 718 合金进行改进,用来生产飞机引擎、汽轮机以适应更高的温度。文中还谈到铌金属化合物、薄膜、铌高温合金、电容器和催化剂。

1 引言

在旧金山召开的 Nb'81 会议以来的 20 年间,铌在技术和应用方面取得了广泛而显著的进展。

虽然这种进步是通过渐进方式而不是革命的方式取得的,但重要的目标都完成了。科技界激发人们对铌科学技术更广泛深入的了解,由此推动了新的应用,促进了商业活动。

科技界在 1981 年时就已经预见到了铌在今天的许多应用。例如,20 世纪 70 年代初美国就开始尝试使用铌来生产无间隙原子钢,但是这些尝试在经济上是失败的。由于钢铁生产技术的进步,尤其是日本取得的进步,人们已经能够大量生产这种用于汽车生产的钢种。

过去 20 年的进步十分明显。铌的开发及其进展充满活力。20 年间有些金属工业衰落了,但我们对铌的持续发展感到满意。

本文将介绍某些发展,也为后来的发言人搭好舞台,他们会介绍得更详细。“引经据典”不是初衷,只是想为后来的发言做一个开场白。

2 铌供应的变化

与 1981 年的情况一样,巴西矿冶公司,也就是通常所说的 CBMM,现在仍然是世界上最重要的铌制品生产商。

历史上,CBMM 公司开采位于巴西 Araxá 地区的碳酸盐岩体中的烧绿石矿,并供应大部分的世界用铌。1981 年,CBMM 取消了烧绿石精矿的出口,将自己定位成为世界钢铁工业提供标准铌铁的生产商。现在,CBMM 事实上生产所有的铌产品,包括高纯度氧化铌、真空铌铁和镍铌、电子轰击炉生产高纯金属铌、铌基合金以及特殊氧化铌和铌化合物(表 1)。

CBMM 开采的矿中铌的一般含量为 2.5%~