

# 磁学研究 与 三环公司发展 \*

王震西 胡伯平

(北京中科三环高技术股份有限公司 北京 100080)

**摘要** 简要回顾了从 20 世纪 20 年代以来我国现代磁学研究的历史. 20 世纪 80 年代初期正值我国改革开放浪潮之时, 科技人员纷纷走上科技成果产业化道路. 建立于 1985 年的中国科学院三环公司就是一个成功的代表, 同时她也是我国现代磁学研究结出的一颗硕果.

**关键词** 磁学, 磁性材料, 稀土永磁

## THE DEVELOPMENT OF SAN HUAN LTD. MAGNETISM RESEARCH

WANG Zhen-Xi HU Bo-Ping

(Beijing Zhong Ke San Huan High-Tech Corporation Ltd., Beijing 100080, China)

**Abstract** Modern studies of magnetism and magnetic materials in China was founded in the 20 's of the last century. During the reform that swept across the century in the beginning of the 1980 's many scientists went out of their to apply their research achievements to industry. San Huan Inc. of the Chinese Academy of Sciences is a typical successful representative and is also a fruit of the research work on modern magnetism and magnetic materials in China.

**Key words** magnetism, magnetic materials, rare-earth permanent magnets

### 1 物质的磁性

磁性与电性一样是物质的基本属性之一. 物质的磁性根据其不同的特点, 可以分为弱磁性和强磁性两大类. 弱磁性仅在具有外场的情况下才表现出来, 并随着磁场增大而增强. 强磁性主要表现在无外加磁场时仍存在自发磁化. 有限大物质的自发磁化通常被分成若干小区域, 不同区域的自发磁化方向不同以使得体系的静磁能最小. 这些小的区域称为磁畴. 在无外加磁场情况下, 系统总的磁矩趋于互相抵消. 在外磁场下, 由于畴壁的移动或者自发磁化方向的改变通常表现出很强的磁性. 由于自发磁化的方式不同, 又可分为铁磁性(磁矩平行排列)、反铁磁性(相同大小的磁矩反平行排列)、亚铁磁性(不同大小的磁矩反平行排列)和螺磁性等. 除反铁磁性外, 这些磁性通常又广义地称为铁磁性. 铁磁性消失的临界温度称为居里温度. 在居里温度以上, 由于热运动较强, 致使自发磁化消失.

具有铁磁性的材料通常称为磁性材料. 磁性材料的最大技术特征就是具有磁滞行为. 磁性材料通常划分为两大类: 一类是软磁材料(矫顽力  $< 1000$  A/m), 另一类是永磁材料(也称硬磁材料) (矫顽力

$> 1000$  A/m).

永磁材料的特征是在受外磁场磁化后, 撤去外场仍保留磁性. 永磁材料性能的好坏, 取决于在外界条件(温度、时间、辐射、振动等)下的磁性特征.

多少年来, 人们一直没有间断磁学研究工作, 不断地加深对物质磁性的认识, 不断地发现新的性能优异的磁性材料.

磁性材料是一棵古老的长青树, 既历史悠久又生机勃勃, 它越来越广泛地应用于能源、交通、机械、化工、医疗、电力、信息以及日常生活等许多方面.

### 2 我国磁学研究的奠基

我国现代磁学研究奠基于 20 世纪 20 年代, 直至今日我国磁学研究所取得的累累硕果, 无不使我们缅怀我国现代磁学研究的先驱者.

叶企孙先生(1898.7.16—1977.1.13)是我国开展现代磁学研究的先锋和奠基人. 1918 年赴美留学, 1923 年获哈佛大学哲学博士. 1924 年回国, 任东南大学理化系副教授. 1925 年, 任清华大学教授、物理系主任、代理校长. “叶先生是我国开展现代磁学

\* 2002-02-27 收到

研究的第一位学者,开创了我国这一领域的研究道路。”叶先生是中国物理学界研究磁学的第一人,他为我们开辟了这一领域的研究道路;回国之后他引导施汝为同志去美国耶鲁大学研究磁学,至今我国磁学研究兴旺发达,成果累累。”周光召院士和钱临照院士的上述讲话,高度赞扬了叶企孙先生的开创性工作。叶企孙在高等教育岗位上工作了50多年,对我国物理学和其他自然科学在科学研究、人才培养等方面都积累了许多宝贵的经验,做出了重大的贡献。叶企孙先生还是我国高等学校中指导建设磁学学科、培养现代磁学本科生和研究生的第一位教授,是北京大学磁学学科的奠基人。1954年,叶企孙负责北京大学磁学组的建设和教学组织工作,讲授固体概论、铁磁性理论两门课,拟定实验室建设项目。他所培养的5名本科生(1955年)和1名研究生(1956年),成为建国后高等学校最早的一批磁学毕业生。他讲授过很多课程,采用启发式教学方法,由现象到本质,由实验到理论,一步步地引导学生去思考、去得出结论,使学生学到分析和解决问题的方法。

施汝为先生(1901.11.19—1983.1.8),1925年毕业于东南大学物理系。1925—1930年在北平清华大学物理系任助教,在叶企孙教授指导下从事顺磁物质的磁性研究。1930—1934年在美国先后取得硕士和博士学位。1934年回国,进中央研究院物理研究所从事磁学研究,建立了中国第一个现代磁学的研究实验室,指导潘孝硕等开展了多晶铁磁体、坡莫合金和磁铁矿单晶等的磁性和磁畴粉纹图的研究。1949年后,施汝为与潘孝硕等在中国科学院应用物理研究所建立磁学研究组(室),从事国家建设急需的铝镍钴永磁合金的研究,在北京大学开设国内最早的《铁磁学》课程,他还主持翻译了国内第一部磁学专著《现代磁学》,参加了中国科学技术大学技术物理系筹建并兼任系主任,培养了几代磁学研究和教学人才。1955年他受聘为中国科学院数理化学部学部委员(后称院士)。他长期担任中国科学院物理研究所研究员、代所长、所长和名誉所长。他毕生从事磁学研究和磁学教育,为我国磁学事业的发展、磁学发展规划的制定和磁学研究教学人才的培养,做出了重要的贡献。

潘孝硕先生(1910.10—1988.12),1933年南京大学物理系毕业后,到中央研究院物理研究所和施汝为一起从事磁学研究。1938年赴美国留学,在麻省理工学院 F. Bitter 教授指导下攻读学位,研究合

金磁性,并于1943年获理学博士学位。1946年回国。他先后在南开大学、南京大学物理系任教授。1950年调南京中国科学院物理研究所任研究员。1952年来到北京应用物理研究所。以后一直与施汝为合作进行磁学研究。1954年起历任中国科学院应用物理研究所(现中国科学院物理研究所)磁学组组长、磁学室主任,中国科学技术大学物理系磁学教研室主任,中国电子学会应用磁学分会主任。潘孝硕先生一贯重视人才培养。1953年在组内讲授磁学课,为厂矿培训技术人员。1955年,吉林大学陈慧男,北京大学钟文定、戴道生,南京大学翟宏如,山东大学陈梅初等先后来所进修,回去后均成为各大学磁学专业的骨干教师。1958年,中国科学技术大学成立,他为物理系磁学专业计划课程设置、撰写讲义、筹建实验室、遴选师资。对其后历届毕业生的许多工作,他都具体指导,严格要求。1959年,许多省成立科学院分院,潘孝硕又按照分院各自不同的研究方向,培养了一大批研究技术人员。1979年改革开放后,我国建立了学位制,他陆续派出不少研究人员到各先进国家学习、工作,在国内也招收培养了多名硕士研究生。经过他多年不懈的努力,一大批科技骨干成长起来,还为其他单位培养了为数众多的科研人员。

### 3 磁学国家重点实验室的建立

磁学国家重点实验室是在1934年建立的中国科学院物理研究所近代磁学研究室的基础上逐步建立的。

1952年,施汝为、潘孝硕先后来到北京,与张寿恭、李国栋和由美国回国的向仁生等6名大学生组成中国科学院应用物理研究所磁学研究组,施汝为任组长,开设铝镍钴和硅钢片两个课题。当时,把从南京刚运到的高频感应电炉、电磁体等,安装在东黄城根物理研究所新建大楼内,建立起材料制备、热处理和磁测量装置,根据下工厂调查到的生产中的问题而开展工作,为我国铝镍钴生产和硅钢片国家检测标准的制定做出了贡献。接着又开展了脱溶硬化机理和铁氧体研究。1956年,李荫远从美国回国,加强了磁学理论研究的力量。针对当时国内研究力量薄弱的状况,先后为吉林大学、北京大学、南京大学、山东大学等培养了一批磁学骨干教师。

1958年,磁学研究组扩大为磁学研究室,潘孝硕任室主任,孟宪振等协助室主任承担了许多国防科研任务。研究领域扩大到金属磁膜、聚磁铁氧体、

高频铁氧体、金属永磁、微波铁氧体和铁磁共振以及磁学理论 6 个课题组。由青年人担任组长,先后建立了金属永磁制备、铁氧体陶瓷工艺、磁膜真空蒸发设备和石榴石单晶炉等,引进了从低频、高频直到微波频段的测试设备等。1958 年,中国科学技术大学成立,施汝为兼物理系主任,潘孝硕兼磁学教研室主任,向仁生调任专职教授。张寿恭、陈慧余协助筹办课程设置和专业实验室。

1978 年召开全国科学大会后,磁学室从“文化大革命”的分散状态中恢复。潘孝硕继续任室主任,章综、张寿恭、王震西先后任副主任。研究工作逐步走上正轨,研究的项目有记录用磁粉、弱磁场和信号检测、非晶态磁性、磁泡材料和动力学、稀土永磁、磁光材料,还有穆斯堡尔效应、核磁共振、中子衍射等。培养出我国“文革”以后的首批硕士研究生,并陆续派人去美、英、日、德等国从事工作进修,接待许多国际知名磁学界专家来访,还多次派人参加国际学术会议,使研究工作逐渐接近国际前沿。同时相继引进了磁转矩仪、振动样品磁强计,与法国合作研制了提拉法磁强计,自行研制了脉冲强磁场、电弧炉、快淬、高频溅射、真空镀膜等设备。

为了在若干科学前沿更好地为全国科技工作者创造条件,积极开展国内外的学术交流和合作,中国科学院决定选择一批实验室对外开放。经詹文山、林泉、姜惟诚等人积极筹划,1987 年 8 月 14 日经院长办公会议正式批准,成立了磁学开放实验室。章综任学术委员会主任,詹文山为开放实验室主任。1987 年 10 月 25 日召开了第一届学术委员会会议,确立了磁学开放实验室以磁学基础和应用基础研究为目标。在磁性理论、稀土金属间化合物、磁性超微粒子、磁性多层膜、磁记录材料和表面磁性、磁光存贮介质和物理、亚稳态磁性合金、有机铁磁体等方面开展研究,努力将磁学开放实验室办成中国磁学基础研究和应用基础研究的基地,磁性材料的摇篮,学术活动的中心,中外磁学工作者联系的桥梁和培养青年磁学人才的场所。

1990 年,经国家科学技术委员会和中国科学院组织评审,批准筹建“磁学国家重点实验室”,建设过程中获得世界银行贷款 100 万美元,引进了超导磁强计、单晶炉等重要装置。从磁学开放实验室到国家重点实验室经历十几年的运行,出了一大批成果并发表了许多高水平的学术论文。

十多年来,磁学国家重点实验室不断完善、提高和发展,在磁性物理及相关领域的研究中发挥了应

有的作用。磁学国家重点实验室以磁性物理的基础研究为指导,以具有重大应用背景的磁性材料为对象,开展物质的基本磁性、磁输运和宏观量子效应以及磁、电、热、光交叉效应研究,探讨微观电子结构、表面和界面效应与宏观磁性的内在联系,探索新的磁性材料和新的人工纳米结构材料与器件,推动国内外磁学界的合作与交流,培养磁学人才。

磁学国家重点实验室的研究方向包括稀土过渡族金属化合物的结构与磁性、纳米磁性材料、磁性纳米结构、纳米自旋电子学等。目前有七个课题组,研究内容分别为(1)中子散射在凝聚态物理中的应用(2)磁电子学的材料和物理研究(3)稀土-过渡族金属化合物和氧化物的结构与磁性(4)自旋极化的电子输运过程(5)磁性单晶的物性研究(6)高分子磁性纳米材料研究(7)凝聚态物质中的超精细相互作用。

历任实验室主任有詹文山和林泉。现任实验室主任为沈保根。

#### 4 永磁材料发展的简要回顾

磁性材料及其应用已为人所知上千年之久。最早的磁性材料历史记载了能够显示出很强磁力的天然磁石。例如,约在 2000 多年前,我国古代人民就使用天然磁石(主要成分为  $Fe_3O_4$ )制做指南针。永磁材料的迅猛发展起始于 19 世纪末,其主要历程如下:

10 世纪——最早的人造永磁体,被磁化的钢针,产生于中国;

1900 年代——钨钢制成;

1930 年代——铝镍钴;

1950 年代——铁氧体;

1960 年代—— $CaCu_5$  结构型钕钴,第一代稀土永磁;

1970 年代——2:17 型钕钴( $Sm-Co$ ),第二代稀土永磁;

1983 年——钕铁硼( $Nd-Fe-B$ ),第三代稀土永磁。磁能积理论值为  $509kJ/m^3$ (64 MGOe),目前实验室样品已达到  $444kJ/m^3$ (55.8 MGOe),工业产品已达到  $422kJ/m^3$ (53MGOe)。

钕铁硼之所以引起人们极大关注的原因主要有以下几点(1)它是目前世界上发现的磁性材料中磁性最强的一种,其磁性能比广泛应用的铁氧体磁体大 10 倍,比第一代、第二代稀土磁体(钕钴永磁)高将近 1 倍。(2)用丰富廉价的铁取代紧缺昂贵的钴制

造稀土永磁,大大减少了对战略物资钴资源的依赖,大幅度降低了成本,使大量制造和广泛应用稀土永磁成为可能。(3)由于钕铁硼具有很高的性能价格比,因此成为制造高效能、体积小、重量轻的磁性功能器件的理想材料,有望对许多应用领域产生革命性的影响。

图1给出了永磁材料发展示意图,从图中可以看出,自1960年代以来,永磁体的磁能积增长迅猛。

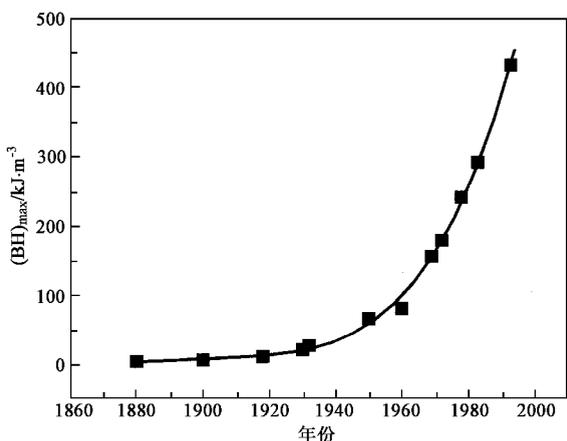


图1 永磁材料的特征参数最大磁能积 $(BH)_{\max}$ 的增长曲线

第三代稀土永磁钕铁硼的发现,一方面在世界范围内激发了人们对于新型铁基稀土合金的探索;另一方面由于其性能优异、价格低廉而使稀土永磁的应用得到了越来越广泛的开拓。

## 5 三环公司的创立

我国开展对稀土永磁材料的研究始于1969年,比西方国家晚了5年。从1969年至1983年Nd-Fe-B永磁体发现的这段时间,我国的研究工作发展缓慢,并且主要集中在一些研究所和大学,譬如中国科学院物理研究所、冶金部钢铁研究总院、有色金属研究总院、包头稀土研究院、电子部西南应用磁学研究所、北京大学、南京大学、山东大学、吉林大学等。1976年,中国迎来了科学的春天,稀土永磁在研究和生产两方面都相应得到了较快的发展。稀土永磁体的创始人K. J. Strnat教授以及其他一些国际著名科学家应邀来华讲学。同时,我国的科学家和留学生被送往国外,在著名科学家指导下工作和学习。信息和人员的积极交往极大地推动了我国稀土永磁研究和稀土永磁工业的发展。

1983年9月,在北京科学会堂召开的“第七届国际稀土永磁材料讨论会”上,日本著名学者金子秀

夫教授宣布说:“日本住友公司最近研制成功一种新型超强磁性材料,它就是磁能积高达36兆高奥(MGOe)的第三代稀土永磁——Nd-Fe合金。请原谅,我只能说这一句,请诸位不要提任何问题,我不能回答。”他当时特意隐去了添加物硼。

消息传开,国际磁学界为之轰动!这是磁学领域一项重大突破,并被列为当年世界十项重大科技成果之一。

自第三代稀土永磁Nd-Fe-B的发现以后,在全球,也在我国掀起了Nd-Fe-B热潮,余热至今。当新一代Nd-Fe-B永磁的消息一经报道,我国几乎所有研究所和大学的物理和材料科学部门都卷入了这一新型永磁材料的研究。其中最值得一提的是形成于1984年的两大集团。一个是中国科学院的联合行动小组,组成单位有物理研究所、电子学研究所、应用化学研究所。另一个是冶金部所属的联合行动小组,组成单位有钢铁研究总院、包头稀土研究院、北京钢铁学院(现改名为北京科技大学)等。中国科学家研制的Nd-Fe-B永磁体的磁能积提高迅猛,在1984年内就从 $286 \text{ kJ/m}^3$ (36 MGOe)提高到 $345 \text{ kJ/m}^3$ (43.3 MGOe),同步达到当时的世界先进水平。

在1983年稀土永磁Nd-Fe-B发现以前,中国科学院物理研究所磁学室已采用快淬方法开展Fe基稀土合金的研究,对Fe基稀土合金的了解已打下较好的基础。1973年—1975年,王震西在法国格勒诺布尔诺贝尔物理学奖获得者路易·奈尔教授主持的磁学实验室作访问学者,从事非晶态稀土合金的结构和磁性研究。其间和法国科学家合作发现了非晶态稀土-过渡金属合金中的磁矩空间有序排列的新型磁结构,命名为“Sperimagnet”(散磁性)。1980—1983年,王震西率先在我国采用离子注入、真空溅射和快速冷凝技术,独立开展了稀土-铁系第三代永磁材料的研究。

从第七届国际稀土永磁材料讨论会上得到信息后,王震西敏锐地意识到这是一次千载难逢的机会,同时也是世界范围激烈竞争的开始。根据他多年从事稀土-铁系磁晶材料研究的经验,我们有可能突破封锁,抢占这一高新技术领域的前沿。于是他带领中国科学院物理研究所磁学组与电子学研究所稀土磁钢组同志共同合作,组成了联合攻关组,发挥各自在基础理论与工艺技术上的特长,以最快速度、最短时间取得成果。经过120多个夜以继日的连续奋战,果然功夫不负有心人,中国第一块磁能积达到38-

MGOe 的钕铁硼 终于在实验室里诞生了,这是 1984 年 2 月,距日本住友宣布的时间仅四个月.为了降低成本,尽早达到实用化,攻关组采用了国产低纯钕为原料进行试验,历经三个月,磁能积高达 41MGOe 的低纯度钕铁硼永磁也成功了.这一成果面世,标志着中国钕铁硼稀土永磁的研究已经达到了当时的世界先进水平.

中国是稀土大国,稀土资源储量占全球的 80%,但是长期以来却只是廉价地出口原材料.钕铁硼稀土永磁材料,给中国提供了很好的稀土利用的机遇.同时,20 世纪 80 年代初期正值改革开放浪潮之时,科技体制改革的春潮在中国大地上涌动.这诸多因素激励王震西与攻关组的同志勇敢地跨出研究所大门,走上科技成果产业化的道路.在时任中国科学院院长周光召的支持和鼓励下,1984 年 4 月,院领导正式委任王震西同志将物理所、电子所、电工所、长春应化所从事稀土研究的科技人员联合起来,组建企业,以新的模式、新的机制进行钕铁硼成果的产业化试验.

1985 年 4 月,中国科学院三环公司在北京中关村诞生了,它预示着以稀土永磁研究、开发与产业化为目标的高新技术企业,在“稀土之邦”的中国大地破土而出.取“三环”的涵义是将科研-生产-市场三个环节连结起来,进行科技成果产业化的探索.

## 6 走产业化之路

没有雄厚的资金,缺乏工业生产的经验,使三环人想到必须走与企业相结合之路.当钕铁硼在实验室扩大试验取得成功的同时,三环就与宁波磁性材料厂进行合作,共同在厂里进行工业化试验.在姚宇良厂长的主持下,经过科技人员与工厂人员大半年的努力,工业化试验取得了成功,产品通过了浙江省省级鉴定.这一成功极大地鼓舞了中国科学院和宁波两地人员.1986 年,中国第一家专门生产钕铁硼稀土永磁材料的宁波三环磁厂,在我国东南沿海正式建成投产.1986 年秋,凝聚着中国科技人员和工人的智慧和汗水,标明有“MADE IN CHINA”字样的中国钕铁硼永磁材料开始陆续出口.如果说,成立三环公司是钕铁硼科研成果走向产业化的关键一步,那么宁波三环磁厂的成功,则是中国钕铁硼产业化道路上的第一座里程碑.

宁波三环磁厂的成功和发展,引起了外商的关注.1987 年,美国特瑞达斯( TRIDUS )公司前来洽谈,

并正式加盟,共同合资组建“宁波科宁达工业有限公司”.在各方大力支持和努力下,科宁达公司蒸蒸日上,迅速发展成为中国最大的钕铁硼生产厂,产品获得了国家质量金奖,其效益也在逐年提高.1987 年,国家科委还专门在宁波召开了三环科技成果产业化的现场经验推广会.各级领导的关怀,无疑是对三环全体科技人员的努力给予了肯定和支持,这就更加增强了大家走与企业结合、加速科技成果产业化之路的信心.

在宁波进行科技成果转化取得成功以后,国内外很多厂商纷纷与三环联系,要求合资合作办厂,先后在广东、天津、北京等地建立了一些合资厂和独资厂,它们主要是进行钕铁硼材料及其应用产品的开发与生产,这些企业有:

宁波科宁达工业有限公司(1987 年建立);

北京新环技术开发有限公司(1988 年建立);

广东省肇庆京粤磁厂(1988 年建立,2001 年更名为肇庆三环京粤磁材有限公司);

天津三环乐喜新材料有限公司(1990 年建立);

北京三环相模新技术有限公司(1991 年建立);

1993 年,为适应国际市场发展需要,组建了北京三环国际贸易公司,专门从事三环公司钕铁硼专利产品销售;

1995 年,开始筹建磁性材料国家工程研究中心,专门从事中高档稀土永磁及其应用产品的研究、开发与产业化;

1995 年,联合收购美国通用汽车公司下属 MQ 工厂,专门生产快淬钕铁硼永磁材料;

2001 年,建立北京三环聚磁高科技有限公司,专门生产粘结钕铁硼磁体.

自 1986 年三环公司在宁波建立第一家钕铁硼工厂以来,目前中国钕铁硼企业已发展到 100 余家,逐步成为稀土永磁的生产大国.“九五”期间,在国家的大力支持下,我国稀土永磁产业取得了巨大的成就,走出了一条具有中国特色制造工艺、中国特色的制造设备、低成本的中国特色的道路.同时,在市场竞争中出现了一批规模较大、效益好的企业.如:三环公司、宁波韵升、宁波永久和山西恒磁等.如宁波科宁达和宁波韵升在 2000 年销售量均达到 1000 吨,销售量达百吨以上的企业现已达 10 余家.1996 年,全球烧结钕铁硼产量为 6250 吨,中国的产量为 2600 吨(占世界总产量的 42%),三环公司的产量为 640 吨(占全球总产量的 10%)2000 年,全球烧结钕铁硼产量为 13940 吨,中国的产量为 6500 吨(占世

界总产量的 47%) ,三环公司的产量为 1700 吨(占全球总产量的 12%)。五年时间,我国的烧结钕铁硼年产量增长了 1.5 倍。图 2 给出了全球几大地区烧结钕铁硼产量的增长图。图 3 给出了三环公司烧结钕铁磁产量的增长图。

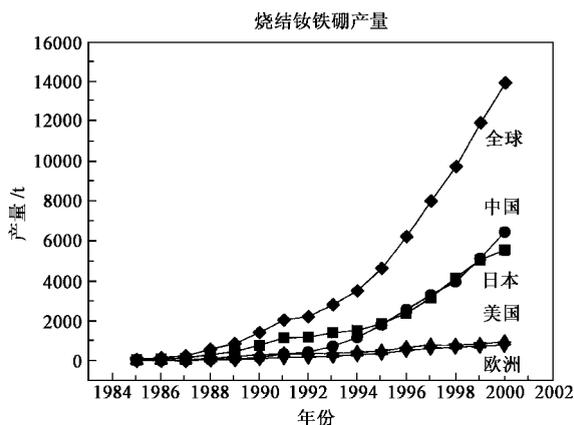


图 2 世界钕铁硼产量分布情况

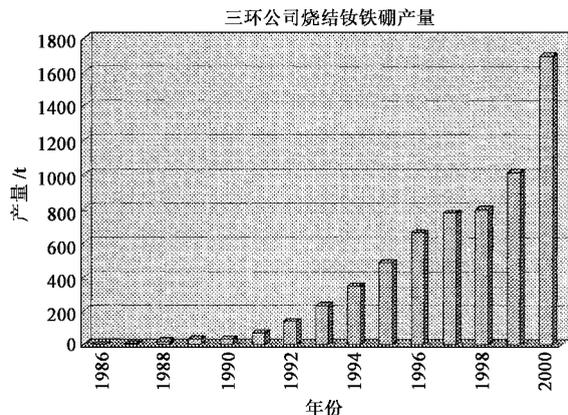


图 3 三环公司钕铁硼产量增长情况

## 7 迈向国际化

钕铁硼作为高性能永磁材料,它的主要市场是国外,因此三环公司从一开始就把目标瞄准国外市场。三环公司积极引进外资,联合办厂,一方面解决资金不足问题,另一方面就是通过外商将产品打入国外市场。

1987 年与美国特瑞达斯公司合资成立宁波科宁达公司后,接着在 1988 年到 1991 年间,又先后与日本、韩国、新加坡等国外商,合资兴办了北京三环相模公司、天津三环乐喜公司和北京新环公司等。通过合资伙伴,使产品比较顺利地进入所在国以及世界其他地区的市场。例如,美国特瑞达斯公司与三环公司在洛杉矶建立联合销售公司,成为三环公司在

美国的惟一代理,在开拓美国市场方面做了大量努力,成为三环公司最紧密的合作伙伴。

在开拓国际市场过程中,所遇到的主要障碍是钕铁硼的专利问题。1983 年,当日本住友公司向世界宣布研制成功钕铁硼消息之前,它就已经在北美、欧洲及本国申请了专利,这就封杀了后来者的产品进入上述地区的市场。1985 年中国才成立专利局,颁布专利法,所以在中国没有钕铁硼基本成分专利,钕铁硼材料可以在中国生产和使用。随着三环公司产业规模的扩大,出口数量增加,钕铁硼专利已经是不能回避的问题。要进入国际市场,在国际商贸中树立自己企业的信誉和形象,就必须遵守国际规则,承认并尊重别人的知识产权。在中国科学院和国家计委稀土办公室的大力支持下,从 1991 年开始,三环公司与日、美公司进行了近三年艰苦的谈判,终于在 1993 年 4 月和 5 月,分别与日本住友公司和美国通用汽车公司(GM)正式签署了购买销售专利的协议,这样,三环公司便成为中国第一家拥有钕铁硼国际销售专利许可的企业。从此,三环公司的产品便取得了进入国际市场的“通行证”。

为了保证产品质量,三环采取了有力措施。三环公司的企业新环公司、三环乐喜公司、京粤磁厂、科宁达公司等,都先后通过了 ISO9000 质量体系认证,使产品生产从原料采购、生产、检验以及包装等,都严格遵守国际标准。严格的质量管理,赢得了客户的信赖,产品出口不断增长,在北京高新技术企业中,三环出口创汇一直处于前列。

收购美国 MQ 工厂,是三环公司走向国际化最为大胆的一步。90 年代前期,美国通用汽车公司(GM)由于进行产业结构调整,将一些与汽车制造非直接相关的工厂出售。MQ 工厂是被出售的企业之一。该厂是世界上惟一用快淬法制造钕铁硼材料的工厂,GM 公司先后投入了上亿美元,其设备水平和生产规模都是世界首屈一指的,并且独家拥有快淬钕铁硼国际专利。在得知 MQ 厂出售消息后,日本、美国、西欧和中国一些企业争相购买。三环与东方有色金属公司以及美国 Sextant 集团共同联合采取行动,在 1995 年 9 月正式签署了购买协议。这一重大举措,使三环公司的实力和影响大大增强,成为国际稀土永磁行业中最具竞争力的企业之一。

## 8 创新开拓

科技以人为本,发展高科技、实现产业化最根本

的是要依靠一批具有高素质,并为实现目标而不畏艰险、勇于探索的科研和工程技术人员.三环公司在进行钕铁硼产业化的过程中,正是依靠了这样一批人才.

三环的带头人王震西,中国工程院院士,70年代中期留学法国,在诺贝尔奖获得者奈尔教授实验室进行磁学研究,在科研工作上取得多项重要成果,他主持的钕铁硼研究获得了中国科学院和国家科技进步一等奖.

三环的领导班子中,聚集了一批矢志不移,为实现我国稀土永磁产业化而奋斗的科技骨干.无论是在创业的艰苦年月,还是在有外部优厚条件吸引的发展阶段,他们始终没有忘记自己的目标和责任.一个具有很强事业心、团结稳定的领导班子,是三环创业成功的重要保证.

三环公司在进行钕铁硼产业化的同时,一直注重新材料研究和新产品开发.三环公司成立之初,就设立了以刘英烈、胡伯平和饶晓雷为首的研究部,后发展成为三环研究开发中心.在新材料研究方面,在稀土铁基 2:17 型和 1:12 型氮化物方面做了相当出色的工作,比如采用爆炸烧结制备成功的  $S_m - Fe - N$  永磁体的性能达到世界领先水平.稀土铁基氮化物方面获得中国科学院自然科学三等奖.

“九五”期间,先后承担和完成了稀土永磁重大攻关项目计划和“863”计划重大项目“高档稀土永磁钕铁硼的产业化”,已批量生产 N42、N45、N48 和 N50 系列高档烧结钕铁硼产品.高档钕铁硼的研制开发以及关键技术工艺的有效改进,使得三环公司的烧结钕铁硼产品的档次迅速提升,缩小了中国稀土永磁钕铁硼产业与发达国家的差距.

先进生产设备国产化,是三环发展高科技、促进产业化过程中很重要的方面.在起步阶段引进的主要设备中,我们对其中的全自动气流磨、大型真空烧结炉等关键设备,成功地实现了国产化.1987年从美国引进气流磨后,公司就组织搞自动化、机械和物理的科技人员,进行消化、改进,并实现国产化,造出大、中、小型系列新产品,在永磁生产和许多超细粉体制造行业中普遍推广应用.

稀土永磁电机是钕铁硼应用的主要领域,它在汽车、家电、电动车、自动化设备等方面有广泛应用.多年来,三环公司开发出各种电动车用稀土永磁无刷电机、纺织同步电机、汽车发电机等多种产品.

三环公司成立以来,取得重要科技成果 30 多项,获得专利近 20 项.有十几项成果获得国家和省

市级的奖励.其中有国家科技进步一等奖、国家质量金奖、中国科学院科技进步一等奖、首都名牌产品奖以及多项国家级新产品奖等等.

## 9 新的起点

在过去的十几年中,我国和世界的通信与信息产业高速发展,民用电子产品日益广泛,为钕铁硼材料的应用提供了广阔的空间.经过多年的努力,三环已奠定了坚实的产业基础,具备了继续发展的很好条件.

1999年7月,由三环公司作为发起人,联合美国 TRIDUS 公司、宁波电子信息集团有限公司、台全(美国)公司、宁波联合集团股份有限公司和联想集团控股公司共同发起设立了北京中科三环高技术股份有限公司(以下简称“中科三环”).中科三环于 2000年4月20日在深圳证券交易所发行上市成功.

中科三环目前已成为国内最大的稀土永磁研究、开发、生产企业,烧结钕铁硼磁体产量占全国的四分之一.2002年初,中科三环烧结钕铁硼磁体的年生产能力超过 3500 吨.中科三环已成为中国稀土永磁产业的代表.

中科三环有一个研究开发中心:三环研究院;四个烧结钕铁硼工厂:宁波科宁达工业有限公司、天津三环乐喜新材料有限公司、肇庆三环京粤磁材有限责任公司和北京新环技术开发有限公司;一个粘结钕铁硼工厂:北京三环聚磁高科技有限公司;一个销售公司:北京三环国际贸易公司.中科三环的钕铁硼专利产品通过三环国际贸易公司以“SANMAG”商标销售.三环下属企业公司全部通过了 ISO9002 国际质量体系认证.

中科三环的建立和上市成功,使得三环公司插上了腾飞的翅膀.

## 10 迎接挑战展望未来

2001年12月,中国正式加入 WTO,这为包括稀土永磁产业在内的诸多中国资源型高技术产业带来进一步发展的机遇.由于中国拥有世界 80% 以上的稀土资源,从而在未来的 5—10 年内,中国必将成为全球钕铁硼永磁材料全球供应基地.中国必将吸引大量国外先进的钕铁硼永磁材料制造商,如日、美、欧等国家、地区的企业进入,一方面会对中国稀土永磁企业形成竞争格局,另一方面也会将先进的技术、管理经验带入中国,从而从整体上带动中国稀土永

磁产业的发展.

21 世纪将是世界经济和技术高速发展的时代, 稀土永磁在促进高新技术产业(特别是电子信息产业)的发展中起着重要作用,它的需求量逐年上升,市场竞争将更趋激烈.

中科三环公司拥有一支高素质的研发队伍和先进的科研设备,有国家磁学开放实验室和磁性材料国家工程研究中心为强大的技术后盾,同时与高校和科研院所所有广泛的技术合作,使得三环公司在研究开发稀土磁性材料方面处于国内领先地位.

为了进一步开拓钕铁硼材料的东南亚市场,中科三环和韩国特科纳半导体化学公司于 2001 年 9 月在韩国合资组建了三环特科纳公司.

为了长期稳定的发展,中科三环参与了同稀土原材料企业的合作.中科三环在 2001 年前后在我国主要稀土原料产区内蒙古包头和江西赣州加盟了原料基地,投资参股了内蒙内大方园稀土冶炼有限公司,江西南方稀土高技术股份有限公司和赣州科力稀土新材料有限责任公司.

为了进一步开拓磁性材料领域,中科三环和南京金宁电子集团有限公司于 2001 年 11 月合资组建了南京金宁三环高技术磁业有限公司,第一期注册资本达 7000 余万.公司继承了金宁电子集团在软磁

铁氧体领域近 40 年的技术积淀和多层次的人才资源,依托中科三环在科技和产业界良好的声誉,融合双方品牌优势,研发和生产高性能软磁铁氧体材料及磁芯,以满足日益增长的通信和信息产业的需求.

利用技术力量优势和资金优势,中科三环将在磁性材料行业兼并或收购优质资产,形成更大的磁性材料产业规模.

脚踏实地,勇于开拓,三环公司正逐步成为全球最大的磁性材料及器件的生产企业和供应商之一.

致谢 在本文的编写过程中,得到了王亦忠和贾敬东的热情帮助,在此谨表示由衷的感谢.

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 赵见高.20 世纪的中国磁学和磁性材料.见:第十届全国磁学和磁性材料会议文集.北京,1999[ Zhao J G. Magnetism and magnetic Materials in 20th Century in China. In :Pro. of 10th National Conference for Magnetism and Magnetic Materials. Beijing , 1999( in Chinese )]
- [ 2 ] 胡伯平.科学通报,1996 41( 增刊 ):78[ Hu B P. Science Bulletin ,1996 41( Suppl. ):78( in Chinese )]
- [ 3 ] 郑观泽,夏福根.从稀土世界崛起——记三环公司风雨创业十五年.科学时报.1999 年 9 月 14 日[ Zheng G Z ,Xia F G. Kexue Shi Bao. 1999. 9. 14( in Chinese )]

## 2002 年第 8 期《物理》内容预告

### 研究快讯

赝带隙光子晶体中原子集合的自发辐射动力学(顾本源等);

碳纳米管阵列超双疏性质的发现(翟锦等).

### 评述

声空化物理研究和核发射实验的近期进展(应崇福).

### 知识和进展

有机功能材料的进展(吴长勤);

宇宙学常数疑难(王伟);

物理学与天文学分类系统简介(赵荣等).

### 物理学和高新技术

脉冲高能量密度等离子体薄膜制备与材料表面改性(阎鹏勋等).

### 实验技术

热刺激放电技术在极化聚合物材料研究中的应用(陈钢进等).

### 讲座

半导体量子器件物理讲座第七讲 半导体异质结光电探测器(余金中等).

### 物理学史和物理学家

电子自旋假说的提出及其历史经验(傅海辉).

### 物理教育

师范专科学校物理教育专业力学教学的改革与实践(周丰群).

### 问题讨论

Taleyarkhan 等人是否测到了热核中子?(艾小白).

### 科学基金

国家自然科学基金物理(I)学科 2000 年结题项目情况综述(张守著).