

专

ZHUAN FANG

访

咬定青山 笑傲风雨

——访我国蠕墨铸铁事业发展的奠基者、国家有突出贡献专家、高级工程师邱汉泉

邱汉泉简介：

邱汉泉，祖籍福建龙岩，1937年生于厦门，男，汉族，高级工程师。

1960年于山东大学毕业后，在原山东机械学院任教。

1963年末到山东省机械设计研究院从事铸造科研工作。

1988年被山东省委、省政府授予首批“山东省专业技术拔尖人才”称号。

1990年被国务院授予“国家有突出贡献的中青年专家”称号；由于贡献突出，1991年开始享受国务院“政府特殊津贴”。

1992年至1995年作为高级访问学者被公派到美国进行铸铁课题研究。

曾任——

中国稀土学会铸造专业委员会委员；

山东省稀土协会副理事长；

中国音乐家协会钢琴学会常务理事。

作为我国蠕墨铸铁事业发展的奠基者，主要贡献在于：石墨主要为蠕虫状的铸铁作为新型工程材料来研究和应用，从不同技术途径与国外同期起步研究，而早于国外投入工业生产；1965年用冲天炉试制成功这种新型铸铁并投产以来，在机械、冶金、交通、轻工等领域推广应用获得显著成效，1979年获全国稀土推广应用先进工作者称号；1965年首先提出为获得蠕墨铸铁的蠕化剂临界加入量概算式，并于1966年公开发表；1979年提出蠕化处理时的“浮渣”形成机理；随之，根据此机理，首创稀土铈系蠕化剂；1979年在全国稀土会议上，建议将这种新型铸铁在我国的各种名称统一称为“蠕墨铸铁”，简称“蠕铁”。1980年7月18日在“包头资源综合利用第三次科研会议”上，代表第一机械工业部系统6个单位向方毅副总理等领导作了《新型工程材料——稀土蠕墨铸铁》的汇报；1984年，帮助建立了我国第一个蠕墨铸铁件专业生产工厂，即桓台蠕墨铸铁厂（现淄博蠕墨铸铁股份



有限公司)；负责完成了19个省、部级以上的科研和技术开发项目。其中在国家“五五”、“六五”、“七五”计划中先后完成的蠕墨铸铁科研和技术开发项目分别达到国际水平和国际先进水平(蠕墨铸铁稀土蠕化剂的研究和应用；蠕墨铸铁稳定生产控制系统的研究；蠕墨铸铁蠕化剂系列化、商品化研究)；由山东人民出版社出版的《稀土在灰铸铁中的应用》(1973年)和《铸铁和冲天炉》(1976年)在全国发行；在国内外发表学术论文60余篇，其中《中国蠕墨铸铁四十年》获全国铸造学会第九届(2006年度)“福士科”杯优秀论文荣誉奖；获国家科技进步三等奖2项；获省、部级科技进步一等奖1项、二等奖3项、三等奖5项，其中主要有：稀土应用，蠕墨铸铁新产品开发研究和应用，用冲天炉熔制蠕墨铸铁新工艺的研究和应用，蠕墨铸铁稳定生产控制系统的研究，蠕墨铸铁稀土蠕化剂的研究和应用以及蠕墨铸铁蠕化剂系列化、商品化研究等；获3项中国专利：“一种局部石灰石炉衬碱性冲天炉”(专利号87212754)；“蠕墨铸铁蠕化率的炉前调整方法”(专利号1042186)；“球、蠕铁炉前处理专用加盖铁水包”(专利号2043533)。

中国确是铸造大国，但不是铸造强国，当不得不正视我国近代铸造技术总体落后于发达工业国家这个事实时，有人不无忧愤地说过，我国是世界上最早发明铸造技术的国家之一，但近百年来世界铸造的重大发明，我们似没有一件，这是我国铸造界的耻辱！耻辱既已摆在面前，该怎么办，如鲁迅先生所言，“敢于直面惨淡的人生，敢于正视淋漓的鲜血”，才是硬汉子。面对民族耻辱，唯一正确的抉择当化忧愤为力量，奋发图强，轰轰烈烈地干出点像样的事业来，为国争光！邱汉泉高级工程师是条汉子，他倾注毕生的精力和智慧致力于蠕墨铸铁的开创性研究与应用事业，建树非凡（详见本文中“邱汉泉简介”），令人仰视，为中国人洗刷了一次耻辱，他乃中国铸造界的骄傲！

怀着对邱汉泉高级工程师（以下尊称“邱工”）的敬慕心情，2007年11月13日，本刊记者一行专程到杭州至富阳间紫云山庄邱工的家中如约拜访了这位敢为人先的科技报国者。

业内人士公认，有意识地把石墨主要为蠕虫状的铸铁作为新型工程材料来研究且实际应用，中国人早于外国人，比美国至少早15年。从20世纪60年代开始，在我国，便对蠕墨铸铁进行了广泛深入的试验与研究。据不完全统计，迄今，我国研究者在不同场合已发表了600余篇有关蠕墨铸铁研究与应用的文献。历史自然不会忘记，在蠕墨铸铁研究与应用领域，首先是山东省机械设计研究院的邱汉泉，从1965年用稀土处理铁液开始，先后在济南材料试验机厂和济南机床铸造厂代替该厂的主要高级铸铁件上成功地进行了工业生产。邱汉泉作为蠕墨铸铁事业发展的奠基者，功不可没。例如，他先后提出了获得蠕虫状石墨的蠕化剂临界加入量计算式和蠕化处理后的“浮渣”形成机理等理论，参与制订了蠕铁金相和牌号的部级标准等。由于蠕铁兼有灰铸铁和球墨铸铁的优点，具有优良的耐磨性，其致密性、抗压疲劳性和在一定服役条件下的抗冷热交变疲劳性能甚至优于前两者。一个时期以来工程界对其兴趣盎然，致使蠕墨铸铁的发展势头方兴未艾。不同生产条件下熔制方法的改进与创新，新型蠕化剂的研制，某些使用性能、铸件切削加工特性以及相互关系方面等的研究，蠕铁一次结晶理论及其影响因素的研究，炉前蠕化率快速精确控制等研究深入进展，蠕铁的工业应用水平不断提高。人们业已认识到，蠕铁还可通过各种热处理和合金化进一步提高性能，扩大应用范围。如在交通运输及内燃机零件、矿山和冶金用品以及在交变热载荷下服役的铸件、机械制造及液压件类铸件、轻工及纺织机械部件、军工用品等领域内生产或试生产着数百种蠕铁件。当前，蠕铁铸件年产量达20多万吨，单件重量最大可达38吨，最小仅约1千克。可以自豪地说，我国蠕铁的研究、生产和应用水平并不逊色于国外，一些方面还处于国际领先地位。促成如此

可喜的优势，这其中有太多邱工建立的功绩，人们似难一一例数。

不经历风雨怎能见彩虹，没有人能随随便便成功。在邱工血气方刚、风华正茂的年代，却不幸为中国人的多事之秋。一次跟着一次的“运动”搅得人是非难辨，令人茫然与彷徨。“文革”期间“大字报”铺天盖地，政治爬虫到处肆虐。“走白专道路”、“资产阶级科研路线”、“反动技术权威”等莫须有罪名似阴风冷雨，不知有多少次试图将专心做学问的邱汉泉掀翻撂倒。可结果都因为他求索真理的“根”扎得深，才站立得稳，他看准了蠕墨铸铁的方向便矢志不移地坚守。恰如郑板桥赋诗赞誉高山翠竹稳健扎根于岩缝的那种“咬定青山不放松”的劲头，邱工是将自己的“根”深深扎进了蠕墨铸铁的研究与应用事业之中。从一定意义上可以说，蠕墨铸铁研究和应用便是他生活的全部，他为蠕墨铸铁研究和应用而有滋有味地生活着。

他从阅读生活这本地天地间最为宝贵的大书中汲取智慧，又靠这智慧捉住了人生的根本，进而扼住命运的咽喉，笑对风雨。美国著名历史学家斯塔夫里阿诺斯在其著作《全球通史——从史前史到21世纪》（北京大学出版社，2005年1月第1版，2007年7月总第14次印刷）中所精辟阐述的那样，人类从动物群中脱颖而出，从食物采集者到食物生产者，最终成为这个星球的统治者，在此过程中，人所创造的所有奇迹靠的并不是“蛮力”，而是“智力”。此“惊人之语”，足以令闻者反复玩味与思考，起码晓得，大凡拥有足够的智力者，均可成为赢家与强者。正是凭着对生活的忠实和挚爱而获取的智慧，使邱汉泉能够战胜前进中的任何困难。例如，参加工作后单身生活的十余年困难当中，他没有“一叶障目”，更没有选择一些人自以为得计的消极怠工方式求得问题的解决。他把从事的蠕铁研究与应用工作看得比什么都要紧，甚至在“文革”中挨整时也从没有懈怠过一时一刻。到底还是因为他工作业绩出类拔萃，事业有成而最终使那些具体难题迎刃而解。这也许就是历史的魅力，在历史没有揭开自己的面纱时，通常只是少数人能够把握历史并坚定走向未来，在历史的关节点大多数人往往盲目，可怜而焦急地等待着揭盅的那一刻。事实表明，大智若愚，以事业为生命的选择才是颇具远见的智者之为。再如，他笃信“实践出真知”的深刻内涵，所以无论是做试验还是下现场，从来不嫌脏、不怕累。理智告诉他深入车间到第一线意味着什么，他如今拥有的大量从生产第一线获取的数据、资料 and 现场经验实为智者方可获得的一笔无价之宝。他以能娴熟掌控蠕铁生产技术为乐趣，并从中品味生活的真谛，也体验着失与得辩证哲理的快感。智者悦真，从不在自己脸上涂抹什么“先知”或“天才”之类的“胭脂”。胸臆坦荡，邱工尤其有彻底的自知之明，如最令记者为之感慨的是他所言：

“我期望我所做的工作，能够成为对社会的一点报答，以补偿社会曾经为我无数次的试验失败所支付的巨大代价。”此话何等率真与谦诚，字字珠玑！彰显着邱工质朴的人性本质与滚烫的心。

与邱工交谈，使记者直觉——他有着深邃敏锐的判断力，浑身洋溢着一种果敢、刚毅的气质。他的经历昭示着一颗百折不回崇尚科学和献身科技事业的恒心，他事事（包括搞蠕铁研究和应用、生活理念与生活方式的选择，以及业余爱好等等）既从实地 footing 又特立脱俗。大凡所为，均修得一技之长，怀抱利器，成就无穷之妙用。

幸哉，阴风冷雨可以休矣，历史顺理成章让他站在了蠕铁研究与应用技术舞台的正中。正所谓——

栖心科学，
探奇标异。
潜心蠕铁，
矢志不移。
咬定青山，
笑傲风雨！

记者：作为研究蠕墨铸铁的专家，您从事该项研究40余年，可以说对此了如指掌。请您结合自己的感受谈谈国际与国内蠕墨铸铁研究与应用的现状。

邱工：在国外，石墨形态主要为蠕虫状的铸铁被作为正式的工程材料来研究和应用，是美国1965年由J.W. Estes和R. Schneidewind提出的。随后，奥地利、德、英、美、苏等国进行了大量研究，并从70年代开始将它应用于电机外壳、机座、曲轴驱动箱箱体、制动鼓、钢锭模、液压阀阀体、大马力柴油机缸盖等等，以代替高牌号灰铸铁、合金铸铁、可锻铸铁和某些球墨铸铁。但由于技术上的原因，并没有得到广泛的应用。直到1976年，美国矿业公司改进了镁钛系蠕化剂，作为商品供应市场之后，应用才逐步得以推广。20世纪末以来，蠕墨铸铁的应用，特别是在欧洲发展较快。主要是由于人们对发动机大马力、大转矩、低排放、低油耗的需求急剧增长，迫使发动机提高点火峰压。这样，发动机的热负荷和机械负荷便大幅度增加，从而导致通常使用的合金灰铸铁（含铜、铬、钼等）或铝合金难于胜任。这时，发动机设计者们才更加认识到，发动机的重要铸件（包括缸体、缸盖、缸套、活塞环等等）用综合性能优良的蠕墨铸铁制造是最佳选择。因为它具有减少摩擦、减轻重量、提高发动机刚度、减小发动机体积以及减小尺寸等等优越性。由此，相应更进一步的深入研究掀起了高潮。体现在制订标准、生产过程的精确控制等方面。

蠕墨铸铁生产技术的核心是蠕化率能否被控制在一个较小的范围，例如 $\pm 10\%$ ，甚至 $\pm 5\%$ 。现在，有的欧盟

国家对某些零件规定蠕化率要大于80%；德国Halberg铸造厂为奥地利生产V8蠕铁气缸体，其主要壁厚为3.5 mm，所有对性能有要求的部位，蠕化率须大于90%；瑞典则要求活塞环铸件蠕化率大于90%。他们主要是采用了Sinter Cast生产过程控制装置。

我国的蠕铁发展途径有别于国外。其思路不是从夺取球铁失败出现蠕虫状石墨发展起来的，而是源于1964年进行稀土在可锻铸铁中的应用研究，最后于1965年试图制取铸态可锻铸铁时，发现出现蠕虫状石墨的铸铁不用废钢就具有最高牌号灰铸铁所规定的强度。鉴于当时生产高强度灰铸铁所需的废钢奇缺，很快就在高级铸件生产，特别是机床行业的铸件上得到应用。当年济南试验机厂在试验机和镗床上正式应用投产至今。应该说，该厂是世界上最早将蠕铁投入工业生产的厂家。由于在书本上未见过这种石墨的铸铁，于是人们给它起了不同的名称，直至1979年才将其名称统一为“蠕墨铸铁”，简称“蠕铁”。如果当时对知识产权保护的时代背景如同今天这样，那么我国的蠕铁应该说是具有完全自主知识产权的新型铸铁材料。

遗憾的是，当时人们对它的优越性认识不足，主要把它当成解决废钢奇缺的权宜之计，一旦废钢供应缓解，许多厂家又恢复原来的高级灰铁生产了。蠕铁40多年的发展，大体可分为四个阶段：①头十年，即1965年到1975年间是认识阶段；②第二个十年，即1975年至1985年，受到国外蠕铁发展的影响，我国也出现了蠕铁全面发展的高潮，并且连续3个五年计划被国家列为重点科技攻关项目；③第三个十年，即1985年到1995年，是技术、工艺基本成熟阶段。在蠕铁的基础研究、生产方法、蠕化剂、产品应用试验研究和标准制订等方面，都已基本完善；④第四个十年，即1995年至2005年，主要是对以往成果的推广应用，蠕铁产量大幅度上升为特征，蠕铁应用对象主要是发动机铸件和承受冷热交变载荷的冶金用品铸件。然而在蠕铁本身性能和生产技术水平的提高方面没有令人瞩目的新进展。特别是薄壁蠕铁件蠕化率的精确控制技术，和国外相比，已出现差距。

为了适应国际蠕铁高涨发展形势，掀起我国的蠕铁发展的新高潮，2005年9月，由全国铸造学会和中国稀土协会主办、淄博蠕铁股份有限公司承办，在淄博召开了全国蠕铁技术及应用研讨会，获得了极大成功。我国蠕铁发展出现了新气象，业已进入稳步发展的阶段。

记者：我国蠕墨铸铁的研究、生产和应用水平不亚于国外，一些方面还处于领先地位。根据您的了解，在蠕墨铸铁研究与应用方面，我国研究者和工程技术人员有什么独特建树，意义如何？

邱工：在蠕铁研究与应用方面，我国研究者和工程

技术人员的独特建树可以概括为——

第一方面,我国蠕铁发展途径有别于国外。如上所述,我国的蠕铁发展思路不是从制取球铁失败的产物发展起来的,而是于1965年、在试图制取铸态可锻铸铁时,发现铸铁出现蠕虫状石墨,可以不用废钢就能获得具有最高牌号强度的灰铸铁件,由此逐步发展起来的。

第二方面,我们首先建立了蠕化剂临界加入量概算式。1965年,首先发现石墨由片状变为蠕虫状,铸铁性能出现突变。还发现,为获得蠕虫状石墨,蠕化处理时加入的蠕化剂有个临界加入量,为此建立了临界加入量概算式,并于1966年发表。这为蠕化剂适宜加入量范围的确定提供了依据,以确保蠕化处理成功。

第三方面,提出了“浮渣形成机理”。蠕化处理时,铁液表面出现大量“浮渣”,使炉前操作困难(特别是处理大量铁液时),并降低蠕化剂的吸收率,当时这是阻碍蠕铁推广的重要原因之一。一般认为上述问题是蠕化剂熔点高、比重轻造成的。但1978年提出、1979年公开发表的“浮渣形成机理”认为,这两因素都是次要的,主要是蠕化剂与铁液进行化学反应时,反应产物在蠕化剂表面的吸附速度大于脱附速度造成的。

第四方面,蠕化剂种类和蠕化处理方法的多样化,为世界之最。在我国,研究出30余种蠕化剂和10余种生产方法。可以说,国外有的,我们有;国外没有的,我们也有。其中,首创了稀土锌系列蠕化剂。通常,有3种元素可使铸铁中的石墨蠕化。用稀土和钙进行蠕化处理,铁液表面会形成大量“浮渣”。镁有“沸腾效应”,作为蠕化剂虽“浮渣”很少,但它强烈促使球状石墨形成,若如国外的“Foote”合金,引入钛来干扰石墨球化,则钛有污染其它炉料等副作用。锌的沸点比镁低,在铁液中有良好的“沸腾效应”,且对石墨无球化作用。根据“浮渣形成机理”配制的稀土锌系列蠕化剂,即便在冲天炉熔炼铁液的温度下,“浮渣”也几乎没有,亦不会增加石墨的球化倾向,可较好地解决蠕铁生产中的一大障碍。究其本质,是由于锌在蠕化剂内部的“沸腾效应”,能破坏反应产物的包覆层,加速反应产物从蠕化剂颗粒表面脱附,从而减少“浮渣”产生。

“稀土硅铁+稀土镁硅铁”合金联合蠕化处理法。在“浮渣形成机理”提出之前,蠕化处理几吨、十几吨甚至几十吨铁液,最大的问题是“浮渣”。我国铸造工作者在探索了各种解决办法后,最终选择了将市场上最常见的稀土硅铁和稀土镁硅铁两种合金联合使用方法,采用包底冲入方式进行蠕化处理。与单独使用稀土硅铁合金或稀土钙硅铁合金作蠕化剂相比,虽然球化倾向略有增加,但“浮渣”明显减少。这便减轻了炉前劳动强度,蠕化剂来源也比较方便,适用于中等以上厚度的蠕铁铸件生产。其本质是利用镁的“沸腾效应”,从稀土

硅铁或稀土钙硅铁蠕化剂颗粒外部来破坏反应产物的包覆层,加速其从蠕化剂颗粒表面脱附,从而减少“浮渣”。大约在上世纪70年代头几年,当时北京机床研究所的李龙城先生与武汉重机厂合作,用此法试制成功大型机床铸件。在此之前,未见有国外使用这种方法的报道。在国内,是否有更早应用此法者,现在我尚不敢肯定,然而该方法为我国所首创,应该可以肯定。

第五方面,我国参与蠕铁研究和应用的单位与人数之多堪称世界之最。其中包括大专院校、研究院所、工矿企业和军工部门。据不完全统计,仅单位、部门就至少有一、二百个,人员更难以计数;发表有关蠕铁的文献篇数也是世界之最。据《现代铸铁》1991年第3期载文报道,自1982年至1990年,所收集到的世界主要国家(英、美、德、苏、日、法、罗马尼亚、捷、匈等)在各种刊物与会议上所发表的这方面论文共有141篇。而在我国,仅在山东省机械设计研究院1988年4月编撰的《稀土蠕墨铸铁》文集中,列入论文索引的就有351篇(到1987年上半年为止)。在《中国蠕墨铸铁二十年》和《中国蠕墨铸铁四十年》中列入参考文献的也分别有155篇和332篇(后者英文稿,截止于本世纪初)。内容广泛深入地涉及到蠕铁的基础研究、显微组织、不同温度下的力学性能、物理性能、切削加工性能、生产方法、蠕化剂、蠕铁合金化、蠕铁热处理、产品应用试验研究、生产管理、综合论述、标准制订等等各个方面。尽管如此,作者也只能将我国一部分的蠕铁文献列入索引和参考文献。试问,有哪一个国家能与我国相比!遗憾的是,囿于当时的历史条件,我国的大部分优秀论文不能对外交流和发表。

第六方面,蠕铁铸件应用种类之广泛为世界之最。在我国,少量试制、长期批量生产或大量生产的蠕铁件大体有如下类型:①交通运输及内燃机,包括排气管、汽缸盖、汽缸体、活塞、活塞环、缸套、车辆制动器部件等等。②冶金用品和在交变热载荷下工作的铸件,包括钢锭模、铁锭模、铝锭模、梅花套、熄焦车和焦炉护炉铸铁件、玻璃瓶模具、玻璃制瓶机口钳等等。③液压件类铸件,包括阀体、液压铸件等等。④机床类铸件,种类包括各种车、铣、刨、磨、钻、冲压机床和试验机的主要铸件。⑤薄壁壳体类通用机械铸件,如变速箱壳体、水泵的泵体等。⑥纺织机械铸件,如代替HT20-40和铁素体球体制造了30余种纺织产品中的薄壁复杂铸件。⑦其它应用,如糖厂压榨辊、压铸模、次高压煤气管、陶瓷机械压滤机关键部件、轧辊离心铸造金属型、玻璃灯饰模具、法兰盘、转向泵泵体、硼蠕铁压射头、大口径连铸结晶器和热芯盒材料等等。尽管有些厂家由于种种原因试制成功后未能坚持生产,但每一种类型的蠕铁件都有一些厂家进行着正常生产。其应用领域涉及

数百种蠕铁件,单件重量最大达38t,最小的不足1kg,据不完全统计,年产量约20余万吨。上述可见,说“我国蠕铁铸件应用种类之广泛为世界之最”,绝不是夸大其词吧!

第七方面,《蠕铁金相检验标准》(JB/T 3829—84)和《蠕墨铸铁牌号标准》(JB 4403—87)是国际上由政府颁布最早的正式标准。当时国外的蠕铁牌号标准是由有关国家的铸造协会或材料协会制订的草案。

综上所述,关于“我国蠕墨铸铁的研究、生产和应用水平不亚于国外,一些方面还处于领先地位。”的结论确是历史事实、有据可查。这表明,中国的铸造工作者,还有金相、热处理、切削加工等协同试验研究的科技人员,在条件远不如国外的情况下,在蠕墨铸铁作为正式铸铁工程材料来研究和应用方面(而不是球铁失败而报废的产物),有能力在某些领域走在世界前列!可是,也有的人妄自菲薄,不敢正视历史事实,总觉得中国人不如洋人。在提及蠕铁发展时,不敢理直气壮地说“我国与国外同期开始,而投入工业应用则早于国外”、“一些方面还处于领先地位”,甚至不敢在自己撰写的文献中引用,更不敢列入教科书和有关手册;而对于球墨铸铁的诞生却详尽地描述了美国的K.D.Milis和英国的Henton Morrogh的研究过程。1981年6月初,国际蠕墨铸铁委员会主席,美国的Loper教授到清华大学讲学,在回答听众问及美国蠕铁发展情况时,其答案使我们意识到,中国的蠕铁投入工业生产至少比美国早15年(当时我国的情况对外保密)。

记者:蠕墨铸铁研究与应用的发展趋势如何,您认为我国研究者最值得关注的是些什么问题,对此,您有何期待?

邱工:我认为,蠕铁研究与应用的发展趋势,是从过去的初级应用向高级应用发展,向更复杂、服役条件更恶劣、对材质性能要求更高的方面发展;进而要求跨行业的协同合作来拓宽和加深蠕铁应用领域。

所谓“初级应用”,就是对蠕化率要求不严,只要石墨蠕化率大于50%,甚至大于40%,使用性能比原来的材质好就可以了。鉴于蠕铁的优良综合性能,初级应用已不难做到了。

所谓“高级应用”,包括以下两方面:①蠕化率。针对某种铸件的特殊要求,严格地限定蠕化率范围。如瑞典的活塞环要求蠕化率大于90%;德国Halberg铸造厂主要壁厚为3.5 mm的蠕铁气缸体,要求蠕化率大于90%等;②基体组织。为了进一步提高使用性能,要求蠕铁的基体组织不是一般的珠光体、铁素体或混合组织,而是要求性能更高、韧性更强的基体。如通过蠕铁合金化,我国从20世纪60年代末就开始采用常见的合金元素(如铜、铬、钼、钨、硼、钒、钛等)进行蠕铁合金化,并

做了比较全面的试验研究,有的成果已实际应用,又如通过热处理制取奥贝蠕铁等等。在这些方面,我国业已居于国际的前列。

所谓“跨专业的协同合作来加深和拓宽蠕铁的应用领域”,就是不同专业的研究、设计人员共同完成蠕铁取代高强度灰铸铁件的工作;进行“减薄壁厚、减轻重量”的铸件设计改革;在原来灰铁材质的基础上改变铸件“肥头大耳”面貌的产品设计革命。

采用蠕铁代替高强度灰铸铁,在国外被认为最有喜人的前景。因为生产高强度灰铸铁要采用低碳当量(铸造性能差),当牌号超过HT300时,往往还要加入合金元素,但其综合性能远不及蠕铁。

问题是,设计人员往往不甚了解蠕铁材质特性,经常不会主动选择蠕铁,而搞蠕铁研究的人又无权决策铸件设计,于是推广蠕铁材质很难实行。只有那些本单位对铸件形状、尺寸、材质有设计权或设计部门主动更改设计时才有可能实现。济南试验机厂、二汽、无锡柴油机厂等厂家就是例子。有些单位自己虽没有设计权,如淄博蠕铁股份有限公司,但他们深知蠕铁的优点,于是理直气壮地加以大力宣传,并以使用实例来说服用户,使用户愿意接受蠕铁。

其实,早在上世纪六七十年代,山东两个蠕铁生产厂家不仅用蠕铁代替了高强度灰铸铁,而且还进行了“减薄壁厚、减轻重量”的铸件设计改革,取得了良好效果。由于蠕铁比孕育铸铁强度提高50%以上,刚性(铸件加压100吨,卸载后残余变形量)提高70%以上,所以经改进设计,T611镗床床身重量减轻了13.5%;铸件断面厚薄相差12倍的材料试验机机座,用孕育铸铁时,最厚部位易出缩松,硬度太低,最薄部位易出白口,铸件废品率高达20%以上,改用蠕铁后,降到5%至6%。这是济南试验机厂40年来能在冲天炉熔炼条件下坚持蠕铁工业化生产的重要原因。1968年,山东胶县锻压机床厂用蠕铁代替孕育铸铁,并改进铸件设计,使压力机机身、退料装置座、左右支臂、连杆等铸件分别减轻了7%、42.8%、34.7%和26%。

20世纪后期以来,国内外数控机床迅速发展,它要求机床具有高的精度保持性,这样就要求铸件要有良好的耐磨性和刚性。蠕铁可为其提供优良的材质条件。完全可以预计,今后蠕铁在机床市场上必将会有极好的应用前景。

综上所述,我认为,我国研究者最值得关注的、以及我本人所期待的问题可概括为以下几点。

第一点,蠕铁蠕化率的精确控制。即尽快研制出具有自主知识产权的、中国式的“Sinter Cast”装置。我国有“喂线法”设备的生产和使用厂家,在球铁方面已有成熟经验。在炉前快速检测蠕化率方面已有很好的报道。除了以往的各种热分析法(这是“Sinter Cast”在线检测

的核心机制)，又如“氧电势法”、“气泡幅频当量法”等。后者在有报道中说“整个测试过程仅5秒钟，测试准确率高于95%，适合实际铸造生产应用”。然而，无论试验研究了多久，无论说得多么好，至今没有一样在实际生产中应用，这是一种对社会财富的很大浪费。其原因种种。我认为，与其用人民币大约五百万元资金外加每吨铸件的不菲提成作为代价去购买“Sinter Cast”装置，不如用其十分之一的资金作为开发研究经费，这才是根本解决问题的办法。中国人能精确控制几十万公里外的探月卫星，难道就无法精确控制就在眼前的蠕铁蠕化率吗？！

第二点，尽快制订蠕铁牌号国家标准，以利蠕铁研究、生产及应用向更高级阶段的发展，也有利于国际交流。

第三点，针对典型数控机床铸件，组织机械设计和材料研究部门，进行蠕铁替代高强度灰铁和“减薄壁厚、减轻重量”的机械产品设计改革，提升其在国际上的竞争力，实现机械工业40多年前未能实现的宏愿。

第四点，蠕铁在汽车铸件上的推广应用，虽然已显示出了很大优越性，但总体来看，推广面还是很小，有的汽车设计制造厂家对蠕铁仍不甚了解。期望有关方面采取有效办法加以解决。

第五点，将我国40多年来积累起来的蠕铁研究成果、生产与应用经验作为宝贵财富加以总结，形成易于保存的资料造福后人。

记者：关于蠕墨铸铁的标准化问题，请谈谈您的看法。

邱工：关于蠕墨铸铁的标准，一开始国内外就有争论，但有些争论我认为没有什么意义。如蠕铁的命名，国际上召开了多次会议，争执场面很热闹，还是没完全统一，最后妥协叫Vermicular/Compacted Graphite Cast Iron。如果代号统一不了，不会严重影响其发展。如可锻铸铁也叫玛铁、玛钢、韧性铸铁，还不是照常发展嘛。其实，名称只是个代号，实际上指的是一个东西。当然代号不统一，不便于交流和使用。在我国，这种新型铸铁开始10多年时也有许多名称，所幸的是很快就统一叫“蠕墨铸铁”，简称“蠕铁”了。和命名一样，蠕墨铸铁的标准化问题也是个“统一”问题。目前争论的核心在于蠕化率是多少才可以称为蠕铁。我国的标准开始规定蠕化率大于50%，欧洲有的国家规定蠕化率大于80%，有的针对具体铸件规定蠕化率大于90%，于是有人很着急，似乎我们落后了。

重要的是，所生产的蠕铁水平高低不在于蠕化率大于80%或蠕化率大于90%，而在于能否精确控制蠕化率在一个要求的范围内，如 $\pm 10\%$ 或 $\pm 5\%$ 。如果用户要求蠕化率 $50\% \pm 10\%$ ，你提供蠕化率90%的给他，结果还是不

合格！3个月前，浙江余杭有一个厂来人找我问到，为什么他们的蠕铁玻璃瓶模具使用寿命比某厂的同类材质产品差，我到现场一看，原来该厂的产品蠕化率绝大多数是大于80%，而质量好的那家的产品蠕化率则大约在50%左右。规定蠕化率90%，实际上是不合理的。因为其一，蠕铁金相标准的蠕化率是去掉球墨（有的实际上是蠕墨铸铁的横断面）以后，根据蠕墨的总面积与石墨总面积比例算出来的。这样实际的蠕化率要比标准上的蠕化率要高，国外有研究表明，蠕化率85%就是100%。其二，蠕铁金相有不均匀性的特点。同一断口，边沿冷却快，蠕化率低，越往中心蠕化率越高。即便同一个视场，蠕化率也不均匀，很难精确评定。若是同一个铸件，不同部位的差别就更大了，所以规定蠕化率90%缺乏可操作性。如果平均蠕化率真是90%，那么断口边沿就容易出现片墨，这样铸件就要报废。国外有个别厂家规定活塞环规定蠕化率大于90%，其根据是什么，我不了解。活塞环要求的项目很多，如弹力、弹性系数、抗弯强度、弹性系数与抗弯强度之比、硬度、同环硬度差、永久变形、热稳定性、耐磨性等等，高蠕化率未必能满足综合性要求，我根据的是，在不同服役环境下批量装机的实际运行结果。1970年至1978年，我协助某厂进行蠕铁活塞环应用研究，把蠕铁活塞环安装在40多部解放牌汽车和200多部95型拖拉机上使用（当时都是高速发动机），结果发现，活塞环寿命高、性能好的未必是蠕化率高的。

综上所述，我认为国家蠕铁牌号标准中不应该有对蠕化率的规定。因为不同的铸件有着不同的服役要求，自然对蠕化率的要求也不同。而国家标准是通用的，标准若规定蠕化率大于80%，那么要求 $60\% \pm 10\%$ 或 $50\% \pm 10\%$ 的便容易陷于尴尬。也许有人会说，蠕化率40%不算蠕铁，那么我要问，球化率40%是否算球铁？今年5月，本人应邀去安徽某厂考察，该厂年产五千吨球铁件，大部分出口，但球化率大约为15%至90%，用户都接受；球铁牌号并没有规定球化率的要求，金相标准已经规定了6个级别的球化率（第6级实际上也是蠕化率较低的蠕铁），用户可以根据自己的需要确定球化率要求，同样道理，蠕铁牌号也不需要规定蠕化率的要求，但金相标准规定了6个级别的蠕化率（第6级实际上也是球化率较低的球铁），用户可以根据自己的需要确定蠕化率要求。但根据蠕铁金相有不均匀性的特点，牌号标准附注说明上应该具体、详细地规定一个铸件（或试样）金相检验的最重要部位在哪里，以及断口的部位（边沿、半径中部或断口中部）必不可少。

（文/田世江，葛晨光；图/葛晨光）